



UNIVERSIDAD DE CUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO SNMP PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE NODOS DE LA EMPRESA ETAPA EP

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y
Telecomunicaciones

AUTORES:

Guido Francisco Martínez Álvarez

Andrés Esteban Medina Velecela

DIRECTOR:

MgT. Edgar Efraín Ochoa Figueroa

CUENCA-ECUADOR

2014



RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el de brindar una solución para la empresa municipal de Cuenca ETAPA EP, esta empresa consta con un sistema de monitoreo de sus nodos, basado en el protocolo SNMP, con este sistema se puede alertar de fallas en los diversos equipos con los que cuenta la empresa.

Sin embargo existen ciertos equipos, los cuales todavía no constan dentro de esta matriz de control y monitoreo, es así que surge el planteamiento de esta tesis,

La propuesta es la de implementar un sistema confiable, eficiente y rentable, de modo que pueda ser replicado en otras centrales que no cuentan con un monitoreo integral de parámetros, así como el brindar a los operarios de red la capacidad para gestionar los valores de las variables de manera remota.

Se realiza un análisis y un diseño basado en el uso de un micro controlador de la familia *MICROCHIP*, el cual es el *PIC18F4620* y un módulo para comunicación en red denominado *ENC28J60*, en el primero es donde se implementan las capas superiores de red del protocolo TCP/IP y la lectura de datos provenientes desde distintos sensores, explicados a detalle en este documento, en el módulo de comunicación es en donde se implementa la capa física y la de enlace de datos.

Palabras Clave:

SNMP, TCP IP, Micro controlador, ENC28J60, ETAPA E.P.



ABSTRACT

This thesis work focuses on the development of a system by which network administrators from ETAPA EP, a telecom provider from the city of Cuenca, Ecuador, will be able to remotely either prevent or troubleshoot node failures based on the occurrence of energy outages, therefore in this project there have been first developed current and voltage sensors for the three phase distribution line, as well as sensors in order to monitor the back-up energy system, which consists of a generator and two battery banks. A node security and temperature monitoring scheme has been also taken into account.

An analysis on the communication system able to meet the enterprises network parameters in order to send information from the sensors or to receive commands to trigger relays is provided in detail, this study includes both the hardware and software specifications and guidelines required to set up this system. In order for someone to replicate a remote sensor monitoring system such as this one, the reader is expected to have a solid understanding of electronics, networking, SNMP, as well as C programming skills.

Key Words:

SNMP, TCP IP, Micro controlador, ENC28J60, ETAPA E.P.



ÍNDICE

Introducción.....	15
Introducción.....	16
Justificación.....	16
Alcance	17
Objetivos Generales.....	17
Objetivos Específicos	17
Capítulo 1	18
1.1 Introducción.....	19
1.2 Cuarto Del Generador	20
1.3 Cuarto De Equipos.....	22
1.4 Cuarto De Rectificadores	23
1.5 Cuarto De Baterías	27
Capítulo 2.....	29
2.1 Introducción.....	30
2.2 Diseño Del Sensor De Corriente AC	30
2.3 Diseño Del Sensor De Voltaje AC	39
2.4 Diseño Del Sensor De Voltaje DC.....	41
2.5 Entradas/Salidas Digitales y Protecciones	42
2.6 Sensor De Diésel Y De Temperatura.....	44
Capítulo 3.....	47
3.1 Introducción.....	48
3.2 Interfaz SPI	49
3.3 ENC28J60.....	50
3.4 Conexiones Externas	54
3.4.1 Conexión Con El Oscilador.....	54
3.4.2 Conexión Con Magnéticos Para Ethernet.....	55
3.4.3 Niveles De Entrada Y Salida.....	56



3.5 Micro controlador Y SPI	57
3.6 Comunicación RS232	58
Capítulo 4	63
4.1 Introducción.....	64
4.2 SNMP	65
4.2.1 Administración y Monitoreo De Red	65
4.2.2 Entidades SNMP	66
4.2.3 OIDS Y MIB	66
4.2.4 Operaciones Soportadas Por SNMP V2	68
4.2.5 Comunidades SNMP	69
4.3 Librerías Microchip	69
4.3.1 Pila De Protocolos TCPIP.....	70
4.3.2 Configuración De TCPIP.....	71
4.3.3 Configuración de SNMP	77
4.4 Configuración De Sensores	81
4.5 Diseño De La Tarjeta Electrónica Con EAGLE 6.4.0	82
4.6 Instalación De La Tarjeta En El Nodo De Ricaurte	85
4.7 Costos De Construcción De La Tarjeta	87
Conclusiones.....	89
Referencias	90
Glosario.....	91
Anexos	94



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 (Plano del Nodo de Ricaurte)	19
Figura 2 (Generador FG WILSON)	20
Figura 3 (Panel de Control LCP2)	21
Figura 4 (Caja de Transferencia)	21
Figura 5 (Panel de distribución con sensores de corriente)	23
Figura 6 (Rectificador PS48100- 2A25)	24
Figura 7 (Rectificador SM 1600)	24
Figura 8 (Módulo PSM A10)	25
Figura 9 (Módulo ALCATEL ACM-1D)	26
Figura 10 (Esquema del nodo de Ricaurte)	28
Figura 11 (Producción del Efecto Hall)	31
Figura 12 (Transformador de Corriente en forma Toroidal)	31
Figura 13 (Transformador CAMSCO MFO 60/5)	32
Figura 14 (Corriente inducida por un campo magnético)	32
Figura 15 (Gráfica de Pruebas entre Corriente de Entrada y Voltaje)	35
Figura 16 (Rectificador de Precisión con amplificadores Operacionales)	36
Figura 17 (Proceso de Rectificación a Onda Completa)	37
Figura 18 (Amplificador No inversor)	38
Figura 19 (Voltímetro de Corriente Alterna)	40
Figura 20 (Divisor de Voltaje)	41
Figura 21 (Sistema de Monitoreo de entradas digitales)	42
Figura 22 (Esquema de Relés)	43
Figura 23 (Entradas Analógicas Multiplexadas al Seguidor de Tensión)	44
Figura 24 (Sistema de Medición de Nivel de Diésel)	45
Figura 25 (Transductor Ultrasónico PARALLAX 28015)	45
Figura 26 (Conexión del Sensor LM35)	45
Figura 27 (Comunicación SPI)	49
Figura 28 (Niveles de Comunicación)	51



Figura 29 (Esquema del ENC28J60).....	51
Figura 30 (Diagrama de Bloques del ENC28J60)	52
Figura 31 (Interfaz basada en ENC28J60)	53
Figura 32 (Conexiones Externas con el oscilador)	54
Figura 33 (Conexiones externas para ETHERNET)	55
Figura 34 (Compuerta AND usada para conversión de nivel)	56
Figura 35 (Pines del PIC 18F4620)	57
Figura 36 (Comunicación paralela entre dos dispositivos)	58
Figura 37 (Comunicación Serial entre dos dispositivos).....	58
Figura 38 (Conector DB9)	59
Figura 39 (Conexión entre el micro controlador y el conector DB9)	60
Figura 40 (Conexiones al MAX232)	61
Figura 41 (Arreglo de OID´s en un esquema de tipo árbol).....	67
Figura 42 (Capas TCP/IP Microchip).....	70
Figura 43 (Error de un PING)	76
Figura 44 (Respuesta del TCP IP Discoverer)	77
Figura 45 (Capas del protocolo TCP/IP)	77
Figura 46 (MPFS Generator).....	80
Figura 47 (Wisher Project Box)	82
Figura 48 (Dimensiones de la Tarjeta)	83
Figura 49 (PCB de la Tarjeta).....	84
Figura 50 (Cuarto de Rectificadores)	85
Figura 51 (Instalación de la caja en el nodo de Ricaurte)	86
Figura 52 (Vista de la caja protectora de la tarjeta)	86



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 (Voltajes y Corrientes medidas en las fases)	22
Tabla 2 (Voltajes de Salida del TC con relación a la corriente de Entrada)	35
Tabla 3 (Voltajes Rectificados).....	37
Tabla 4 (Pines SPI)	50
Tabla 5 (Disposición de los Pines de un conector DB9).....	59
Tabla 6 (Niveles de Voltaje en una comunicación RS232).....	60
Tabla 7 (Costos de instalación de la Tarjeta)	87
Tabla 8 (Costos de los Sensores)	87
Tabla 9 (Costos de la tarjeta electrónica).....	88



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Andrés Esteban Medina Velecela, autor de la tesis "Diseño E Implementación De Un Módulo SNMP Para El Control Y Monitoreo De Nodos De La Empresa ETAPA EP", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 2 Abril de 2014

Andrés Esteban Medina Velecela
0104771266

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Guido Francisco Martínez Álvarez, autor de la tesis "Diseño E Implementación De Un Módulo SNMP Para El Control Y Monitoreo De Nodos De La Empresa ETAPA EP", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 2 Abril de 2014


Guido Francisco Martínez Álvarez
0104639778

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Andrés Esteban Medina Velecela, autor de la tesis "Diseño E Implementación De Un Módulo SNMP Para El Control Y Monitoreo De Nodos De La Empresa ETAPA EP", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 2 Abril de 2014


Andrés Esteban Medina Velecela
0104771266

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Fundada en 1867

Yo, Guido Francisco Martínez Álvarez, autor de la tesis "Diseño E Implementación De Un Módulo SNMP Para El Control Y Monitoreo De Nodos De La Empresa ETAPA EP", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 2 Abril de 2014



Guido Francisco Martínez Álvarez
0104639778

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador



DEDICATORIA

A nuestros padres, por su esfuerzo
constante e incondicional para
convertirnos en hombres de bien.

Los Autores.



AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer de manera particular al Ing. Edgar Ochoa por el constante respaldo y apoyo brindado para la realización de esta Tesis.

Hacemos extensivo este agradecimiento al Ing. Fabián Cabrera y a la Ing. Sofía Arévalo por su ayuda en este proyecto.

De igual manera queremos agradecer al Ing. Eduardo Peralta por brindarnos su apoyo, la información y las facilidades para poder realizar esta tesis en la empresa ETAPA EP.

Los Autores.



Introducción



INTRODUCCIÓN

En el apogeo de las Telecomunicaciones la empresa ETAPA EP se ha visto involucrada en la imperiosa necesidad de contar con un sistema de gestión de red, motivo por el cual ha venido usando el protocolo SNMP en conjunto con el software PRTG para el monitoreo y la gestión remota de sensores, en sus diferentes instalaciones.

Un sistema remoto de gestión permite por un lado la optimización de recursos tanto financieros como humanos así como el mejorar el desempeño y la seguridad de sus instalaciones, ya que se pueden tomar acciones preventivas y correctivas a tiempo.

JUSTIFICACION

La empresa ETAPA EP mediante el software PRTG cuenta con un sistema de gestión de red eficiente, sin embargo existen ciertos equipos, los cuales todavía no constan dentro de esta matriz de control y monitoreo, es así que surge el planteamiento de esta tesis, que tiene el propósito de diseñar e implementar un dispositivo capaz de recibir los datos provenientes de sensores colocados en los nodos y luego enviarlos al software gestor, también se contará con la capacidad de controlar diversos actuadores instalados en los nodos, para tomar acciones correctivas o preventivas, toda la comunicación se realizará usando la red existente de ETAPA EP.



ALCANCE

Esta Tesis se enfoca en la creación y la implementación de una tarjeta electrónica capaz de recibir datos de sensores en el nodo de telecomunicaciones de Ricaurte de la Empresa Municipal ETAPA EP. Estos datos serán transmitidos a través de la red de ETAPA EP a un gestor de red ubicado en la central de Totoracocha. También se implementarán los sensores de voltaje, corriente, nivel de gasolina y de temperatura del nodo.

OBJETIVO GENERAL

Implementar una tarjeta que permita el control y monitoreo de los nodos remotos de ETAPA EP utilizando *SNMP*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar una tarjeta electrónica que soporte el protocolo *TCP/IP*, mediante un micro controlador.
- Implementar *SNMP* sobre el *stack TCP/IP*.
- Acondicionar las señales de los distintos sensores para su interacción con la tarjeta electrónica mencionada.
- Diseñar la tarjeta para que funcione en conjunto con el software gestor de *SNMP*, de manera que se pueda ver el estado de todas las variables implementadas en la tarjeta.
- Implementar sensores de: Voltaje de la red pública, Voltaje de Rectificadores, Voltaje de batería del rectificador, Voltaje de batería de arranque del generador, Temperatura del cuarto de equipos.
- Implementar sensores en el generador de energía, tales como nivel de combustible, estado del generador



Capítulo 1

Análisis de Factibilidad

1.1. Introducción

En éste capítulo se detallan los elementos encontrados en la inspección efectuada al nodo de telecomunicaciones de Ricaurte, perteneciente a la empresa municipal de Cuenca ETAPA EP, éste fue el nodo elegido por la empresa para instalar el prototipo del sistema de control SNMP. Con la información obtenida en este capítulo se pueden dimensionar los sensores y también la cantidad de los mismos. Este nodo cuenta con cuatro áreas que son de interés para este proyecto, las cuales son:

- Cuarto del Generador y Tablero de Transferencia
- Cuarto de Equipos
- Cuarto de Rectificadores
- Cuarto de Baterías.

En el siguiente plano se puede visualizar la ubicación de los lugares mencionados, Figura 1.

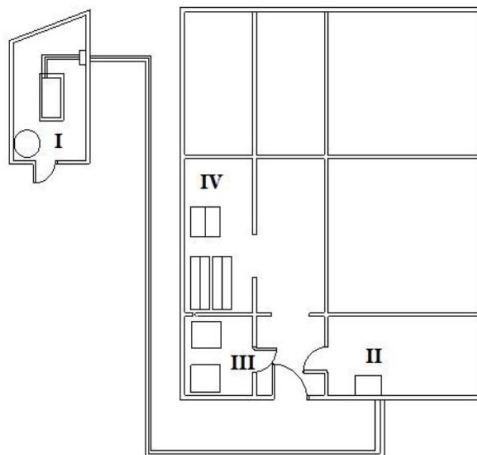


Figura 1 (Plano del Nodo de Ricaurte)

1.2. Cuarto Del Generador:

El nodo de Ricaurte cuenta con un generador *FG WILSON* que tiene una salida de 18 kVA, 14.4 KW, con un factor de potencia de 0.8, el cuál funciona a diésel y es controlado por un panel de tipo *LCP2*, (Figura 2).



Figura 2 (Generador FG WILSON)

El panel de control de tipo *LCP2* (Figura 3), que comanda el generador, está diseñado para un arranque y detenido automático de este último, además de dos contactos adicionales para un sistema de control. El panel de control tiene como instrumentación un voltímetro, un amperímetro, tacómetro, un medidor de frecuencia, un contador de tiempo de encendido, un selector de voltaje de fase, un selector de corriente de fase.

El tablero también posee un "switch" de encendido, un pulsante para parada de emergencia, y un pulsante para pre-calentamiento del motor [1].



Figura 3 (Panel de Control LCP2)

Dentro de la caja de transferencia (Figura 4) la activación del generador está comandada por un temporizador de tipo *KG316T* y un relé. El panel de transferencia está diseñado para sensar cuando no existe subministro de energía eléctrica desde la red pública, entonces se envía una señal de arranque al generador.



Figura 4 (Caja de Transferencia)

El equipo existente dispone de un control de transferencia de carga inteligente el cual indica si la carga del nodo está alimentada por el subministro público o por el generador.

El panel de transferencia cuenta con tres posiciones de control, primero el modo automático que indica a la operación normal del panel, otra sirve para la



realización de pruebas sin haber conectado la carga y la última para realizar pruebas con la carga conectada[2].

Es necesario también el monitoreo del nivel de diésel del generador, es por ello que se usará un sensor ultrasónico, el cual será implementado en el tanque de reserva de combustible, de modo que se pueda estimar por cuánto tiempo puede el generador seguir trabajando.

1.3.- Cuarto De Equipos:

En el cuarto de equipos se tiene un tablero de distribución, el cual está conectado a dos rectificadores, es en este tablero que se va a sensar las corrientes y los voltajes.

Utilizando un Voltímetro y un Amperímetro de pinza, se registraron los siguientes valores en cada una de las fases (Tabla 1):

Voltajes Medidos a la Entrada de la Distribución			
Voltajes de Fase		Voltajes de Línea	
V1	119	V12	209
V2	121	V31	209
V3	123	V23	210

Corrientes Medidas Entrada de la Distribución	
I1	26A
I2	37A
I3	29A

Tabla 1 (Voltajes y Corrientes medidas en las fases)

La medición de éstos valores nominales, sirve para el dimensionamiento de sensores. Cabe señalar que el panel de distribución ya posee sensores de marca CAMSCO, usados para registrar los valores de voltajes y corrientes como se observa en la Figura 5, sin embargo bajo los lineamientos de ETAPA EP no se debe hacer un “sangrado de señal” de los sensores existentes, con el fin de evitar cualquier daño a las conexiones de estos, es por ello que es necesario el fabricar y usar sensores propios.



Figura 5 (Panel de Distribución con sensores de corriente)

1.4.- Cuarto De Rectificadores:

En ésta área se tienen dos rectificadores uno de ellos de tipo *EMERSSON PS48100 - 2A/25* y el otro *SM 1600 de AEG PowerSolutions*, (Figura 6) (Figura 7).



Figura 6 (Rectificador PS48100 - 2A/25)



Figura 7 (Rectificador SM 1600)

El primer equipo posee cuatro módulos rectificadores del tipo *HD4825-3* y un sensor de voltaje y de corriente para cada uno de los módulos, el sensor es del tipo *PSM-A10*.

Los módulos *HD4825-3* soportan un voltaje de entrada de 90 a 290 Vac, cada fase soporta un máximo de 13 A de entrada. Los parámetros de salida de cada rectificador son: un voltaje de salida de -42 a -58 Vdc, así como una corriente que va de 25A a 30 A [3].

El *PSM A10* posee un módulo de comunicación para transferencia de datos RS232 como se observa en la imagen presentada a continuación, (Figura 8). Dicha unidad provee de comunicación para monitoreo remoto vía un modem o una tarjeta del tipo *PSNA*, del mismo modo se posee interfaces de contactos secos que proveen de alarmas remotas para el sistema [4].



Figura 8 (Modulo PSM A10)

El segundo arreglo de rectificadores posee cinco módulos *SM1600* cuyo rango de voltaje de entrada es de 80 a 300 Vac, la corriente nominal de entrada es de 7.3 A trabajando a 230 Vac, provee un rango de voltaje de salida que va desde los 42Vdc a los 58 Vdc, con una corriente nominal de salida de 30 A.

Las corrientes y los voltajes proporcionados por estos sensores están medidas por un módulo *ALCATEL ACM-1D*, el cual se lo puede observar en la Figura 9.



Figura 9 (Módulo ALCATEL ACM-1D)

El mencionado módulo posee entradas analógicas para medición de voltajes, los cuales están en el rango de 18 a 75V, cuenta también con un sensor de corriente mediante una resistencia ajustable de tipo "*shunt*", que provee una salida de voltaje en el rango de 0 a 50 mV, así como un sensor adicional para medición de corriente de batería en el rango de -50mV a 20 mV.

El módulo posee también un puerto para comunicación *RS232* entre cuyas características figura una tasa de 9600 baudios, con una longitud de datos de 8 bits. Usa un protocolo de comandos basados en tres caracteres, los cuales permiten al usuario conocer el estado del sistema, leer y configurar parámetros [5].

Para leer el estado de rectificadores detectados se utiliza el comando *RST*, que muestra los siguientes parámetros:

- See.- para observar el número y posiciones de rectificadores detectados.



- *Max.*- posiciones de todos los rectificadores detectados.
- *Failed.*- que indica el número de rectificadores con falla.

Con el fin de obtener los datos de mediciones se tienen los siguientes comandos:

- *ULD.*- empleado para la medición del voltaje de *BUS*.
- *UBA.*- para la medición del voltaje de la batería.
- *ILD.*- para la medición de la corriente de la batería.

El hecho que las tarjetas de control de los rectificadores posean un módulo de comunicaciones incorporado para extracción de datos, demanda que la tarjeta a diseñarse posea dos entradas de comunicación basadas en el protocolo *RS232*, y además que la lógica del micro controlador a utilizarse incorpore un sistema de petición y procesamiento de los datos de estas tarjetas.

1.5.- Cuarto De Baterías:

En esta área existen dos arreglos de baterías, los cuáles proveerán de -48 V requeridos por los equipos de telecomunicaciones dado el caso de un fallo en el sistema de energía en el tablero de distribución. Es por éste motivo necesario el monitoreo de carga de éstos arreglos de baterías mediante el uso de voltímetros de corriente continua. En el siguiente esquema, (Figura 10) se puede apreciar el sistema eléctrico del nodo de Ricaurte:

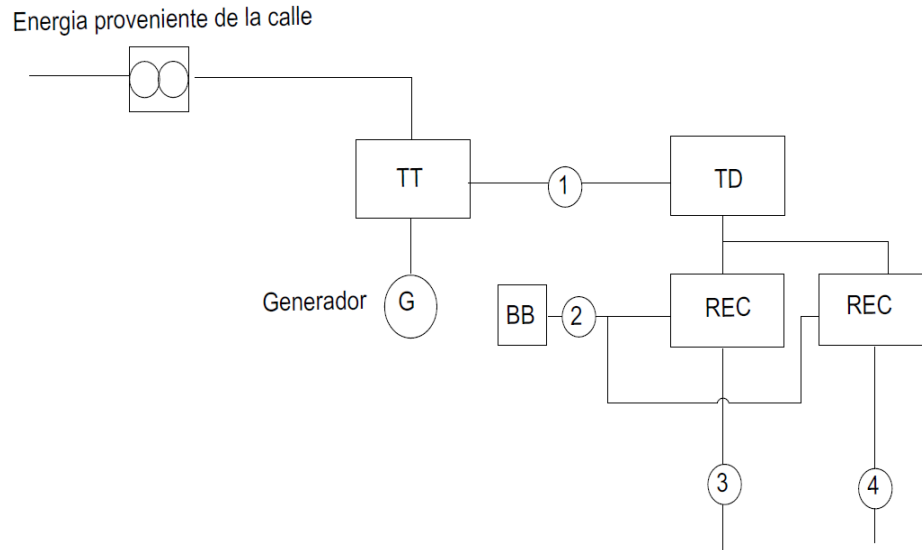


Figura 10 (Esquema del nodo de Ricaurte)

En donde:

- *TT* simboliza Tablero de Transferencia
- *TD* simboliza tablero de Distribución
- *REC* simboliza Rectificador
- *BB* simboliza Banco de Baterías
- *G* simboliza Generador

Los números indican en qué lugares se implementará un sistema de monitoreo de energía.



Capítulo 2

Análisis y Diseño de Sensores y Actuadores



2.1.- Introducción

En la presente sección se tratará sobre las diversas soluciones encontradas para implementar los distintos tipos de sensores y actuadores. Se han tomado las opciones más convenientes para el proyecto, basados en tres parámetros costo, confiabilidad y eficiencia.

De ésta manera se presentan aquí sistemas para el monitoreo de corriente, voltaje, tanto en corriente continua como en alterna, así como de un sistema para sensor el nivel de diésel del tanque de reserva del generador, y temperatura del cuarto de equipos. También se monitoreará eventos originados por el cierre de contactos secos, los cuales pueden indicar errores en los equipos monitoreados. Se han considerado también relés para la activación de eventos, tales como encendido del generador, activación remota de equipos, etc.

2.2. – Diseño del Sensor de Corriente:

Como se revisó en el análisis de factibilidad realizado para el nodo de Ricaurte, por cada una de las fases circulan cerca de 35 Amperios, lo que hace necesario elegir un sistema que soporte esta magnitud de corriente.

Después de un meticuloso análisis, se planteó el uso de un sistema de medición no invasivo, el cuál evita el denominado “sangrado de señal” que consiste en acoplar un amperímetro en serie para poder realizar el monitoreo.

En su lugar se aprovechará el denominado efecto *Hall*, que consiste en la producción de una diferencia de Voltaje en un conductor eléctrico, que es transversal a una corriente eléctrica en el conductor y genera un campo magnético que es perpendicular a la corriente [6], como se observa en la Figura 11.

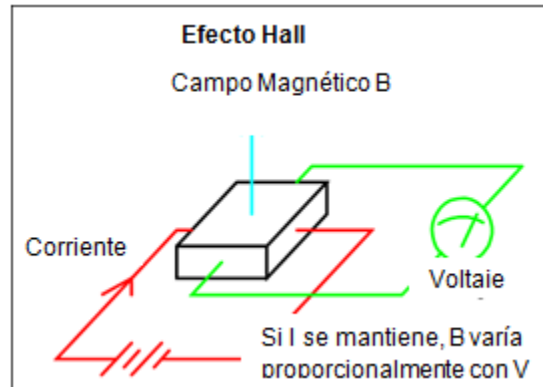


Figura 11 (Producción del Efecto Hall)

Los sistemas de medición de corriente no invasivos vienen dados en forma de toroide, los más conocidos son la denominada bobina de Rogowski y el transformador de corriente, abreviado como "TC", el cual puede estar en la forma conocida como "*splitcore*" es decir de núcleo abierto y es mucho más práctico, ya que no es necesario realizar desconexiones para instalarlo. El modo de funcionamiento de éste tipo de sensor se muestra en la siguiente Figura 12.

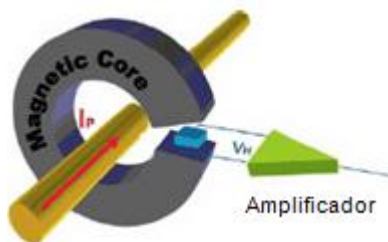


Figura 12 (Transformador de Corriente en Forma Toroidal)

Para la mayoría de transformadores de corriente, las corrientes primarias y secundarias se expresan con una relación, como por ejemplo 100/5, que indica que si 100 amperios fluyen por el primario del transformador, existirán 5 Amperios fluyendo por el secundario. El transformador de corriente que se va a usar es un CAMSCO del tipo MFO mostrado en la Figura 13, con una relación de transformación de 60 / 5, es decir van a existir en el secundario 5 Amperios si por el primario circulan 60 Amperios.



Figura 13 (Transformador CAMSCO MFO 60/5)

Al incrementar el número de arrollamientos en el secundario, N_s , la corriente que existe por el mismo puede hacerse pequeña comparada con la del primario, en otras palabras, si N_s decrece, I_2 aumenta proporcionalmente [7], refiérase a la Figura 14.

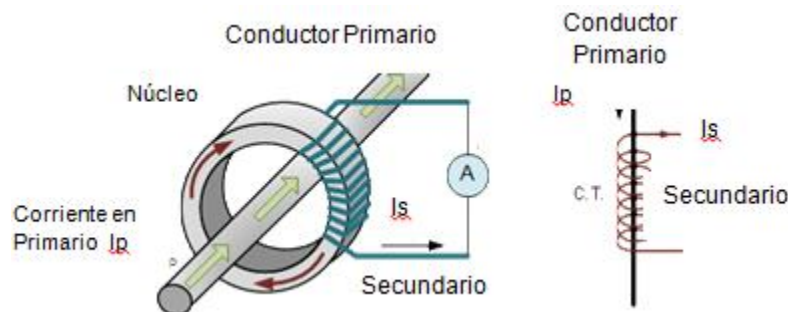


Figura 14 (Corriente inducida por campo magnético)



Dicha relación puede verse en la siguiente ecuación:

$$T.R. = n = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

De lo cual se obtiene:

$$\text{corriente en el secundario, } I_s = I_p \left(\frac{N_p}{N_s} \right)$$

Para entender la relación entre la corriente y el voltaje en el secundario se recurre al siguiente ejemplo:

Suponiendo que un transformador de corriente que tiene una vuelta en su arrollamiento primario y 160 vueltas en su secundario, tiene una resistencia interna de 0.2 ohmios y circula por el primario una corriente de 800 amperios. Se precisa el cálculo de la corriente máxima inducida en el secundario y la caída de voltaje existente entre las terminales del secundario.

Como se presentó en la fórmula, la corriente inducida en el secundario se calcula de la siguiente manera:

$$I_s = I_p \left(\frac{N_p}{N_s} \right) = 800 \left(\frac{1}{160} \right) = 5A$$

La caída de Voltaje en las terminales del secundario se calcula de la siguiente forma:

$$V_s = I_s * R_A = 5 * 0.2 = 1 \text{ Voltio}$$

Adicional a la resistencia interna, es necesario una resistencia conocida como “*R de burden*”, que será la que determine que tan lineal es la caída de voltaje en las terminales de la misma con respecto a la corriente que circula por el primario del transformador de corriente [8].



Para el cálculo de dicha resistencia es necesario tomar en cuenta el factor de potencia del transformador de corriente, basándose en las especificaciones del fabricante, como se observa en la siguiente tabla, realizada tomando como referencia una etiqueta en la parte frontal del transformador de corriente.

El transformador CAMSCO MFO 60/5, tiene un factor de potencia de 2.5VAC [9], lo cual implica que:

Tomandola I primaria como 50 Amperios, por la relación de transformación, se tendrá que en el secundario del transformador circulan:

$$I_{secundaria} = \frac{5}{60} \times 40 = 3.3333 \text{ Amperios}$$

$$P_{AC} = V \times I$$

$$P_{AC} = R \times I^2$$

$$R = \frac{P_{AC}}{I^2} = \frac{2.5}{3.3333^2} = 0.225 \Omega$$

El resultado anterior indica que para mantener un rango de linealidad, entre la corriente de entrada y el Voltaje de salida es necesario acoplar una resistencia de 0.225 ohmios en la salida del secundario. Se eligió una resistencia cerámica de 0.2 ohmios y 5 Watts, debido a que éste es un valor comercial y es el más aproximado al obtenido mediante las relaciones de transformación.

De ésta manera mediante pruebas realizadas, se ha encontrado que la gráfica corriente de entrada vs voltaje de salida es la siguiente, (Figura 15):

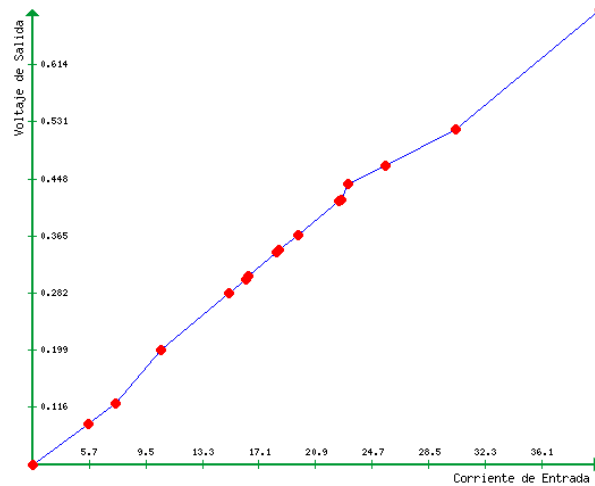


Figura 15 (Gráfica de Pruebas entre Corriente de Entrada y Voltaje de Salida)

A la salida de dicha resistencia de “burden” se obtienen Voltajes muy pequeños, en el orden de las décimas de voltios a corrientes considerables, como se observa en la siguiente (Tabla 2):

lac(input)	Vac (output)
1.9	0.033
5.6	0.092
7.5	0.122
10.5	0.2
15.1	0.282
16.2	0.302
16.4	0.306
18.3	0.342
18.4	0.344
19.7	0.367
22.5	0.416
22.6	0.416
23.1	0.441
25.6	0.468
30.3	0.521
40	0.6947

Tabla 2 (Voltajes de Salida de TC con relación a la corriente de Entrada)

En las terminales del secundario del transformador de corriente, se está obteniendo un Voltaje en AC, que varía proporcionalmente con la corriente AC que circula por el primario del instrumento. El objetivo final será de introducir la señal proveniente del transformador de corriente en el ADC del micro controlador, esto luego de acondicionar la señal. Es por eso necesaria la conversión de la señal de Voltaje que viene dada en AC a DC, dicho problema se solucionará usando un rectificador de precisión, construido con amplificadores operacionales, de éste modo se evita la pérdida de voltaje de la resistencia de “burden” acoplada al TC, el cual en sí ya es demasiado pequeño y sería atenuado totalmente si se usara un puente de Gretz , debido a las pérdidas que se dan en los diodos.

Es por ello que se ha seleccionado el siguiente esquema [10][11] para realizar la rectificación de la señal de voltaje alterna, (Figura 16).

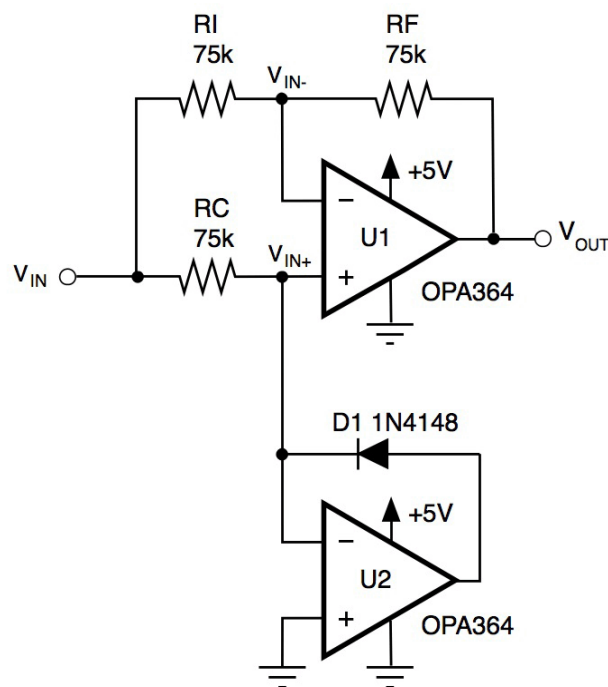


Figura 16 (Rectificador de Precisión con Amplificadores Operacionales)

Al ingresar un ciclo de señal positiva ($V_{in} > 0$) al circuito el primer operacional U1 actúa como amplificador, mientras que el operacional U2 y el diodo D1 no actúan en éste proceso. Para señales negativas ($V_{in} < 0$), el diodo D1 y el operacional U2 forman una tierra virtual y mantienen la entrada no inversora de U1 en cero voltios. El operacional U1 actúa como amplificador inversor; de éste proceso, resulta una onda totalmente rectificada, como se muestra en la figura 17.

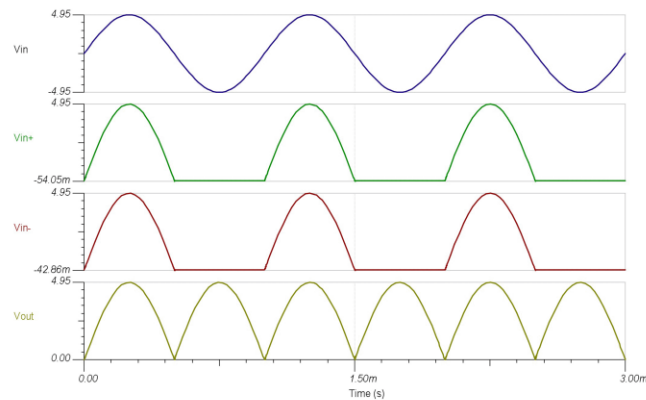


Figura 17 (Proceso de Rectificación de Onda Completa)

Los valores obtenidos después de este proceso de rectificación son los siguientes, Tabla 3.

Iac (input)	Vac (Output)	Vdc(Output)
1.9	0,03	0,05
5.6	0,09	0,13
7.5	0,12	0,17
10.5	0,20	0,28
15.1	0,28	0,40
18.4	0,34	0,49
19.7	0,37	0,52
22.5	0,42	0,59
23.1	0,44	0,62
25.6	0,47	0,66
30.3	0,52	0,74
40	0,69	0,98

Tabla 3 (Voltajes Rectificados)

Como se observa en esta tabla, los valores de voltaje de salida en DC son muy pequeños, razón por la cual se necesitará amplificarlos, y esto se lleva a cabo usando una configuración de operacionales en modo amplificador no inversor.

Un amplificador no inversor es aquel en el cuál el voltaje de salida cambia en la misma dirección que el voltaje de entrada, [12] y se muestra en la figura 18.

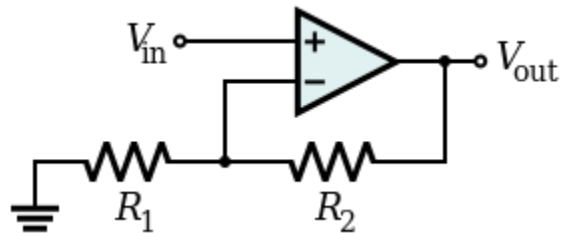


Figura 18 (Amplificador no Inversor)

La ganancia, denominada como G , está dada en función de los valores de las resistencias $R1$ y $R2$ de la siguiente manera:

$$G = 1 + \frac{R2}{R1}$$

Por lo tanto:

$$V_{out} = G * V_{in}$$

Para saber que ganancia se debe asignar al voltaje DC que se encuentra en las terminales de salida de la figura 23, es necesario considerar que el valor de voltaje DC de salida máximo será de 5 Vdc, se asume una corriente de entrada máxima, correspondiente a dicho valor, de 60 A.



En el proceso de amplificación de señal hay que tomar en cuenta que cuanto más incrementemos la señal también estamos incrementando el rizado de la misma. Por ello hay que buscar un punto en el cual la señal tenga una amplitud satisfactoria para poder ser analizada correctamente por el ADC y un punto en el cual el rizado no sea muy grande de manera que el error de la medición esté dentro de rangos aceptables. Por lo tanto se ha decidido dar una amplificación del 20% a la señal, con este valor se tiene una amplificación satisfactoria y un rizado muy pequeño. Por lo tanto se seleccionan: $R1 = 2k$ ohmios y $R2 = 10k$ ohmios.

2.3. – Diseño del Sensor de Voltaje en AC:

Los valores de Voltaje de fase se aproximan a los 120 Voltios en AC, por lo tanto para propósitos de telemetría, hay que transformar esos valores en voltajes DC a máximo 5 Voltios, de modo que al igual que se realizó en el sensor anterior pueda ser transmitido hacia el *ADC* del micro controlador sin dañar éste último.

La mejor opción es la de utilizar un transformador reductor, con el fin de disminuir el Voltaje de entrada, además este transformador brinda aislamiento magnético. Luego de este transformador se utiliza un puente de diodos, de modo que se dé una rectificación de onda completa.

Por los motivos expresados anteriormente es necesario colocar un partididor de tensión a continuación, para disminuir ese voltaje, de modo que no afecte al *ADC* del micro controlador, y además un voltaje menor da un rizado menor en las terminales del capacitor que se colocará posteriormente, (Figura 19).

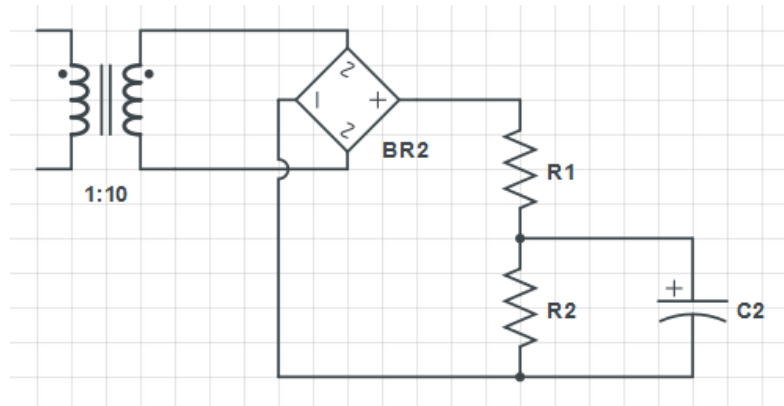


Figura 19 (Voltímetro de corriente Alterna)

El transformador utilizado es de la marca *Thunder USA* con las siguientes especificaciones: Entrada AC 120V y Salida AC 12V con 0.5A Max.

Cada una de las fases presenta un voltaje AC de aproximadamente 120 Voltios que entrarán al primario del transformador, en el secundario por lo tanto, se presentaran 12 Voltios por la relación de 1 a 10 existente.

Al pasar por el puente de diodos, se pierden 1.4 Voltios, debido a que en cada diodo de silicio se pierden 0.7 V y cada ciclo activa dos de ellos, por lo tanto el valor promedio en DC en las terminales será de:

$$V_{dc\ out} = 1.414(V_{in} - 1.4\ V)$$

$$V_{dc\ out} = 15.5V$$

Se calculan las resistencias de modo que el voltaje a la salida del divisor de tensión sea 10 veces menor al voltaje que entra al mismo, se toma R1 como 10 kΩ, por lo tanto:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$0.1 = \frac{R_2}{10,000 + R_2}$$

$$1000 + 0.1 R_2 = R_2$$

$$R_2 = \frac{100}{0.9} = 1111.1 \Omega = 1k \Omega$$

2.4– Diseño del Sensor de Voltaje en DC:

Este sensor será utilizado para la medición del Voltaje de los bancos de baterías, estas baterías se usan como respaldo en caso de un corte de energía seguido de una falla en el generador, estos bancos de batería generan - 48 Voltios en DC. El acoplamiento de esta señal para que pueda ser medida se simplifica en un partidor de tensión, con un diodo para protección por inversión de voltaje (Figura 20).

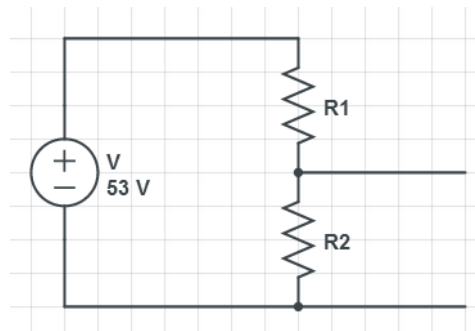


Figura 20 (Divisor de Voltaje)

Por la siguiente relación, y suponiendo un $R_1 = 10 k\Omega$ y $R_2 = 1k\Omega$:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{1k\Omega}{10k\Omega + 1k\Omega} * 53 V = 4.81 V$$

2.5– Entradas / Salidas De Contactos secos y Protecciones:

Existen siete entradas de contactos secos, las cuales pueden ser activadas por contactos secos externos, esto para advertir sobre eventos, tales como errores en los parámetros de funcionamiento de equipos como el generador, aire acondicionado, etc. En vista de eso, se implementarán siete sistemas que detectarán cambios al momento de cerrarse dichos contactos enviando una señal en bajo (0V) al micro controlador.

Se cuenta con un integrado CD4051, el mismo que cumple la función de multiplexor de entradas analógicas [14], de este modo, se ahorra el uso de pines en el PIC, utilizando solamente uno para realizar un barrido de todas las entradas para recolectar información sobre cada una en un periodo de tiempo.

Luego de que las señales han sido multiplexadas estas se envían a un opto acoplador, este se encarga de crear un aislamiento óptico, ofreciendo así una resistencia de aislamiento por el orden de mega ohmios, Figura (21).

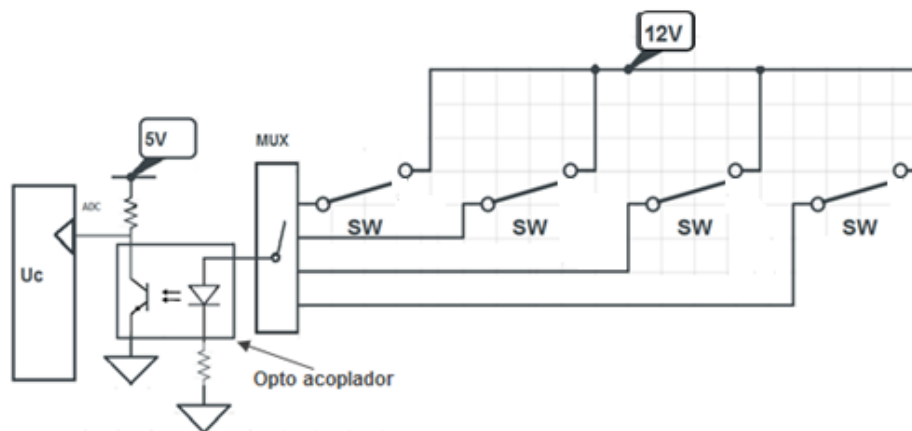


Figura 21(Sistema de monitoreo de Entradas Digitales)

Además el sistema cuenta con protecciones en caso de inversión de polaridad y de sobre corriente, se cuenta con un diodo y un fusible para evitar estos inconvenientes.

El sistema cuenta también con un mecanismo de detección de falla en el opto acoplador, una de las entradas del multiplexor está conectada siempre a tierra, lo cual sirve para poder detectar mediante software el eventual caso de que el multiplexor o el opto acoplador hayan dejado de funcionar.

El uso de las salidas de contactos secos será controlar seis relés multipropósito que proporcionarán un mando a distancia, su esquema está dado en el siguiente esquema (Figura 22):

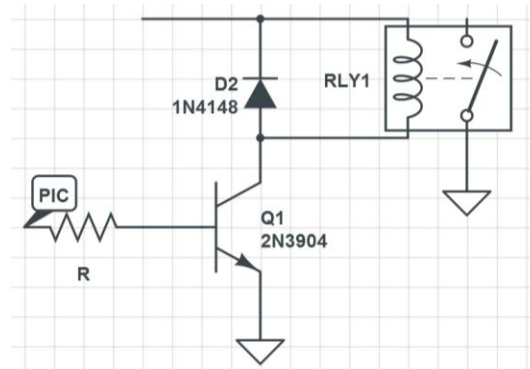


Figura 22 (Esquema de un relé)

Se ha considerado para las entradas de los sensores analógicos, el uso de un seguidor de tensión, con el objeto de evitar desbalances entre las impedancias de entrada y salida se usa el operacional *LM358-N* de *TEXAS INSTRUMENTS*, debido a su respuesta lineal hasta los diez voltios siendo alimentado con una fuente simple [15].

Debido a consideraciones relacionadas al tamaño de la tarjeta electrónica y de optimización en el uso de componentes, es preferible integrar un multiplexor a la entrada del seguidor de tensión de modo que conecten las diferentes entradas al multiplexor al pin de ADC del micro controlador, (Figura 23).

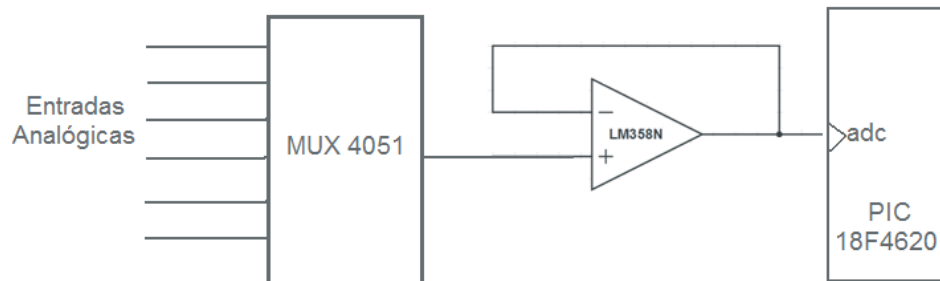


Figura 23 (Entradas Analógicas Multiplexadas al Seguidor de Tensión)

Se consideró también el uso de fusibles en éste proyecto para evitar que una conexión incorrecta a un alto voltaje cause daño al circuito, así también como de diodos para proteger de una inversión de polaridad.

2.6. – Sensores de Nivel de Diésel y de Temperatura:

La mejor opción para monitorear el nivel de diésel existente en el tanque de reserva en el generador es un sensor ultrasónico de distancia, el mismo que será instalado en la tapa del tanque de combustible, dentro del cual se encuentra una boya, como se ve en la figura mostrada a continuación, [16] (Figura 24).

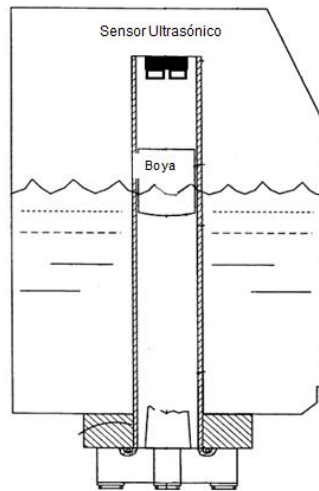


Figura 24 (Sistema de Medición de Nivel de Diésel)

El transductor ultrasónico que se usará es el *PING UltrasonicDistance Sensor # 28015*, de la marca *PARALLAX* (Figura 25), que emitirá pulsos de sonido en la frecuencia de los *40 KHz* y proveerá un pulso de salida que corresponde al tiempo que demora la onda reflejada en regresar al sensor. Mediante la medición de la dispersión del pulso de regreso, se calcula la distancia a la cual se encuentra la boya con relación al fondo del tanque [17].

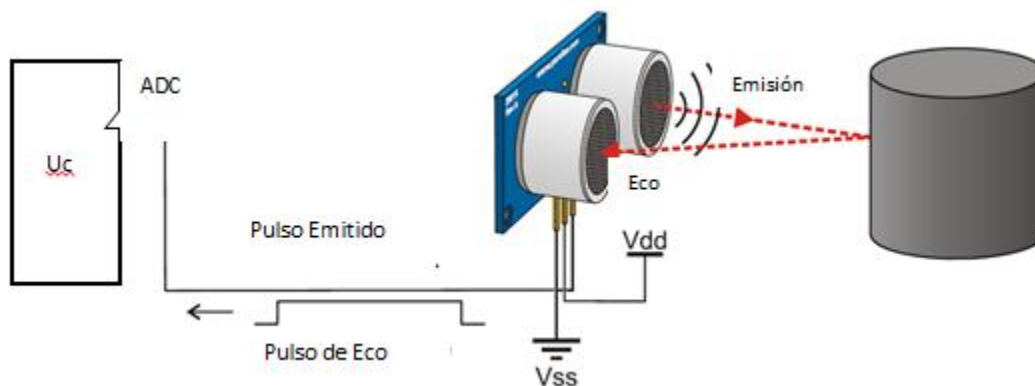


Figura 25 (Transductor Ultrasónico PARALLAX 28015)

Para la medición de la temperatura en el cuarto de las baterías se utilizará un sensor *LM35* de la marca *TEXAS INSTRUMENTS*, cuya salida es un voltaje lineal con respecto a la temperatura de entrada la cual puede estar en el rango desde -55° grados Centígrados hasta los $+150^{\circ}$ grados centígrados, el voltaje en la salida aumenta en 10 mV por grado centígrado [18]. El siguiente es el esquema que se usará para conectar éste sensor al *ADC* del micro controlador, (Figura 26), en éste esquema se considera la conexión a un cable de algunos metros de largo, el cual presenta una alta capacitancia, la misma que puede distorsionar la señal que llega al *ADC*, es por ello que se considera el uso de los elementos adicionales mostrados en la misma figura.

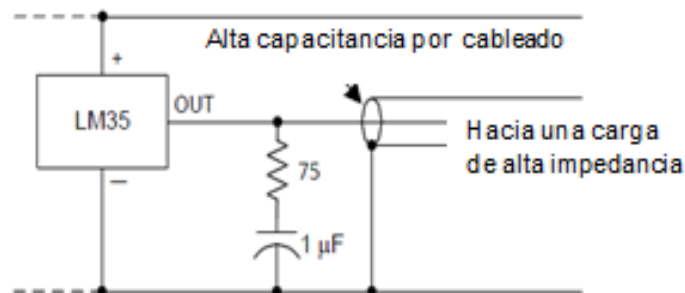


Figura 26 (Conexión del Sensor LM35)



Capítulo 3

Hardware de Comunicación



3.1.-Introducción

En esta sección se analizan las partes necesarias para la implementación de un módulo de comunicación en red, que soporte la implementación del protocolo *SNMP*, así como sus funciones, métodos de conexión y sus distintas configuraciones. Se comienza con una reseña de *SPI*, que es el vínculo entre un módulo diseñado para la comunicación en red, como es el *ENC28J60* y el micro procesador *PIC18F4620*, procediéndose luego con una descripción detallada de estos dos últimos y su rol en la conexión en red.

Se revisan también los elementos adicionales necesarios para el correcto funcionamiento de la interfaz entre el micro controlador y el módulo de comunicación, así como aquellos que permiten la salida a la red *LAN* de la empresa, teniendo presente que la red está implementada sobre *ETHERNET*.

La parte final de éste capítulo está dedicada al modelo de comunicación *RS232*, que es el usado por los fabricantes de los equipos rectificadores con el fin de permitir la recolección de datos provistos por los sensores integrados a estos equipos, así como a los componentes usados para permitir la conexión de la tarjeta que se está diseñando a la interfaz *RS232* de los rectificadores.

3.2. – Interfaz SPI:

La interfaz SPI es usada cuando existen pocas instrucciones de entrada salida y la comunicación debe ser rápida entre dispositivos, aparte de contar con una sencilla implementación, SPI está diseñada para transmisión de datos desde un dispositivo “máster” a uno o más denominados “Slave” a velocidades altas en el ancho de banda de los MHz.

Se basa en un registro de 8 bits mediante el cual se envía datos usando un solo pin de un micro controlador, fue diseñado como un reemplazo a las interfaces paralelas, lo cual a la larga evita el dificultoso cableado necesario para estas últimas, en especial cuando se está diseñando una placa de circuito impresa, por ejemplo un convertidor ADC de 12 bits basado en SPI evita el uso de 12 cables paralelos usando únicamente cuatro conexiones, Figura 27 [19]. Este tipo de comunicación serial es la que se usa para la comunicación entre el controlador de red ENC28J60 y el micro controlador.

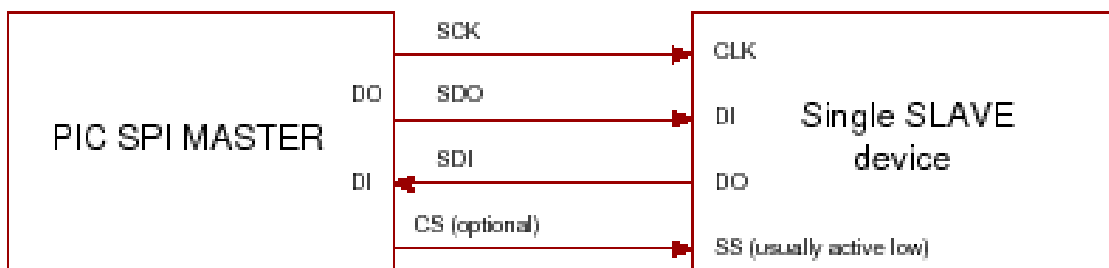


Figura 27 (Comunicación SPI)

PIC SPI MASTER	
SCK	Señal de reloj dada por el micro controlador
SDO	Señal de datos de Salida
SDI	Señal de datos de Entrada
CS	Chip Select, se utiliza cuando existe más de un dispositivo esclavo.
SINGLE SLAVE DEVICE	
CLK	Señal de reloj dada por el micro controlador
DI	Entrada de datos
DO	Salida de datos
SS	Recibe la señal de CS y activa el dispositivo esclavo requerido en ese instante, por defecto está en bajo.

Tabla 4 (Pines SPI)

3.3. – ENC28J60:

Con el objetivo de transmitir y recibir las tramas de *SNMP* es necesaria la implementación de un canal que permita una comunicación en red y que provea de funciones de capa de enlace de datos sobre un canal basado en la tecnología *Ethernet*.

El dispositivo más adecuado para estos fines es el encapsulado *ENC28J60*, el mismo que pertenece a la empresa *MICROCHIP*, e incluye las funciones de capa enlace de datos y capa física en la jerarquía de red ya que trabaja con el estándar *IEEE 802.3*, posee además un buffer de paquetes con una *RAM* de 8kB de acceso dual, y una interfaz SPI serial, además soporte para comunicaciones *Unicast*, *Multicast* y *Broadcast*, Figura 28.

Otras opciones consideradas fueron el *PIC18F96J60*, el cual ya tiene integrada la capa física y la *MAC* en un solo encapsulado, los inconvenientes con este chip son: la no disponibilidad en el mercado local, y además que este chip se encuentra disponible únicamente en la opción de montaje superficial, lo cual repercute en los costos de producción del proyecto.

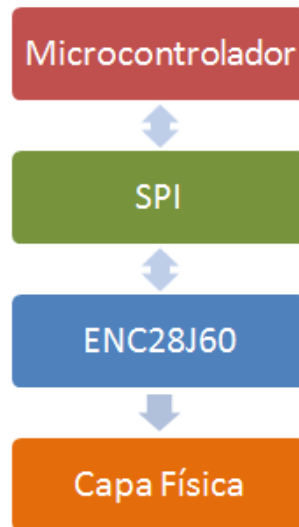


Figura 28 (Niveles de Comunicación)

Físicamente el encapsulado posee veinte y ocho pines, y requiere para su funcionamiento pocos componentes adicionales, figura 29 [20].

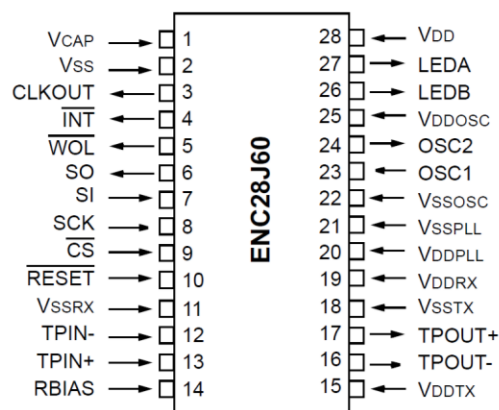


Figura 29 (Esquema del ENC28J60)

En el siguiente esquema (figura 30) [21] se indica mediante un diagrama de bloques el funcionamiento y los componentes del ENC28J60:

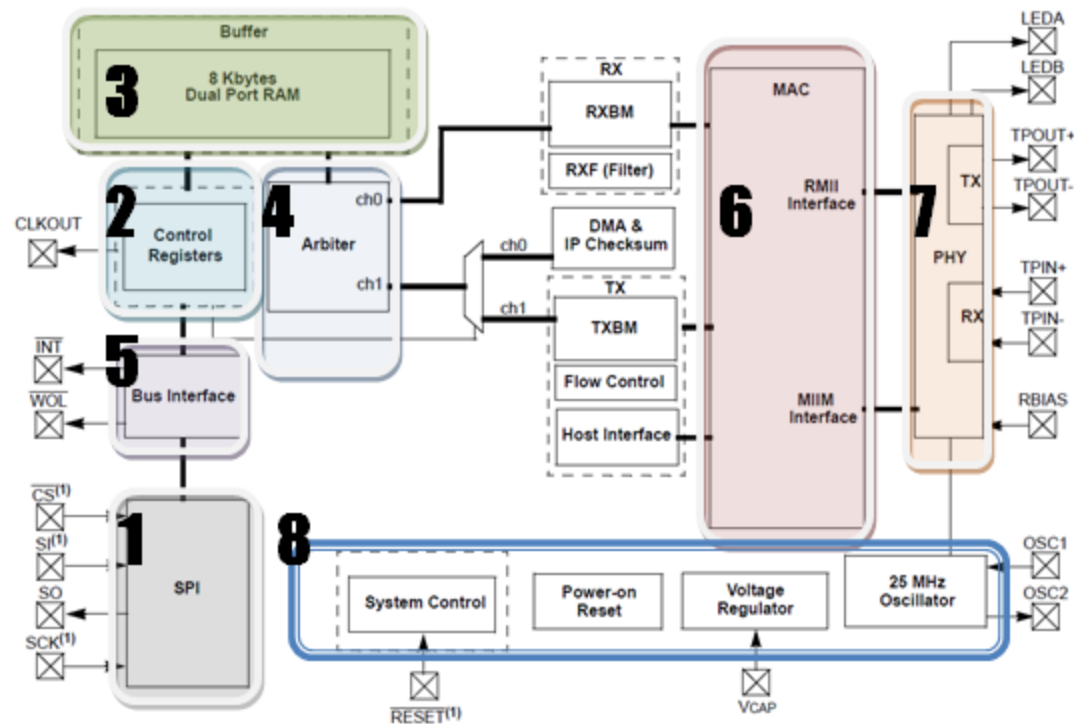


Figura 30 (Diagrama de Bloques del ENC28J60)

En el diagrama de bloques se muestra que el ENC28J60 cuenta con los siguientes componentes:

1. Una interfaz SPI que sirve como un canal de comunicación entre el controlador “*host*” y el ENC28J60.
2. Controles de Registro, los cuales sirven para controlar y monitorear el ENC28J60.
3. Un buffer de RAM con puerto dual para procesar los paquetes enviados y recibidos.

4. Un sistema de control por tiempos para administrar el acceso al buffer de la RAM.
5. Una interfaz de bus que interpreta los datos y los comandos recibidos mediante la interfaz SPI.
6. Un módulo MAC, que implementa la lógica compatible con el estándar IEEE 802.3.
7. Un módulo de capa física que codifica y decodifica los datos dados en forma analógica presentes en el cable de par trenzado.
8. Otros módulos de soporte tales como el oscilador, regulador de voltaje, traductor de nivel el mismo que es usado para proveer entradas y salidas tolerantes a 5 Voltios, y un sistema lógico de control.

Un esquema más simple indica los componentes principales del *ENC28J60*, en esta (figura 31) [22], se observan las conexiones entre el micro controlador (*MCU*) y el *ENC28J60*, así como las conexiones entre el *ENC28J60* y la interfaz *ETHERNET*.

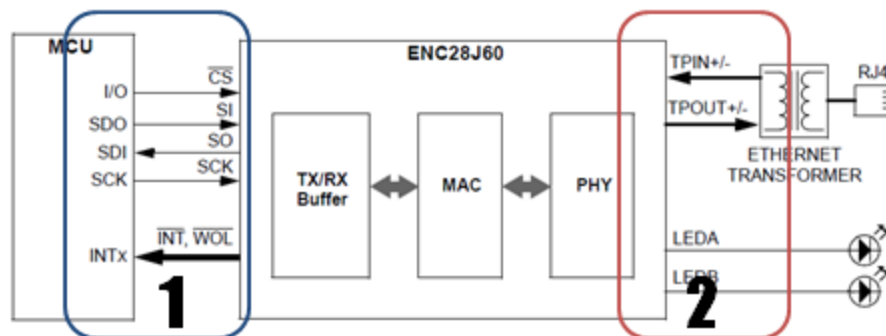


Figura 31 (Interfaz basada en un ENC28J60)

El primer bloque hace referencia a los parámetros ya revisados en la comunicación SPI, únicamente es necesario acotar que “*INTx*” es el pin de interrupción. El segundo bloque representa la conectividad entre el ENC28J60 y la parte física de Ethernet, los pines TPIN+/- y TPOUT+/- están encargados de recibir y enviar señales de voltaje respectivamente; en tanto que LEDA y LEDB son indicadores visuales sobre el estado de la conexión.

Cabe señalar que se cuenta con indicadores visuales, un “*LED*” naranja y un “*LED*” verde, el uno indica conectividad y el otro indica actividad de la red respectivamente.

3.4.- CONEXIONES EXTERNAS:

3.4.1.- Conexión con el Oscilador:

El ENC28J60 está designado para operar en la frecuencia de 25 MHz con un cristal conectado a los pines de OSC1 y OSC2. La conexión del oscilador al ENC28J60 se realiza de la siguiente manera, (figura 32) [23]. Los capacitores usados sugeridos por el datasheet, son de 22 pF.

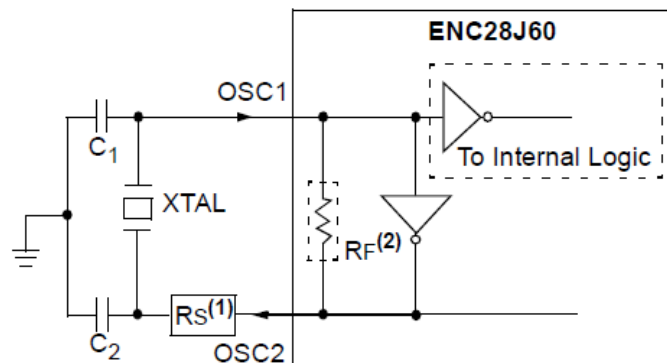


Figura 32 (Conexiones Externas con el Oscilador)

3.4.2. - Conexión con Elementos Magnéticos para la Interfaz ETHERNET

En los pines receptores (TPIN+ / TPIN-) es necesario el uso de un transformador con una relación de 1:1, el mismo que debe estar diseñado para cumplir con el estándar 10BASE-T, en tanto que para los pines de transmisión (TPOUT+/TPOUT-) se requiere un transformador de relación 1:1 con toma central. Es necesario colocar dos resistencias tanto para la parte de la transmisión como para la recepción, las mismas que deben tener un valor de 50 ohmios y tolerancia del 1%, éstas resistencias ayudan a que exista una correcta terminación de la línea con el fin de evitar reflexiones de onda ocasionadas por el incorrecto acople de impedancias. Se cuenta también con un capacitor y un inductor, que en conjunto evitan que este circuito irradie EMI, capaz de interferir con otros equipos.

Adicionalmente la circuitería del ENC28J60 requiere que una resistencia externa de 2.32 k Ω , con 1% de tolerancia sea conectada desde el pin RBIAS a tierra, la cual ayuda a la circuitería interna para generar los pulsos de voltaje, (Figura 33) [24].

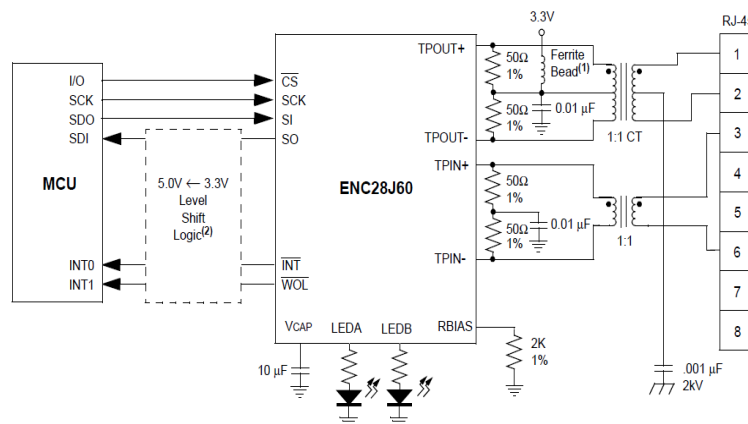


Figura 33 (Conexiones externas para ETHERNET)

3.4.3. - Niveles de Entrada y Salida

El ENC28J60 es un componente que funciona con un nivel de Voltaje de entrada de 3.3 V, sin embargo el micro controlador con el que se trabajará opera a 5 Voltios. Existen ciertos pines del ENC los cuales están diseñados para tolerar Voltajes de 5V entre los cuales están SPI CS, SCK.

Los Pines del ENC28J60 trabajan a 3.3V es por ello que no pueden enviar señales de manera correcta a los pines del micro controlador que trabaja a 5v, ya que no se cumplirán con las especificaciones de voltaje propuestas por el fabricante [RXx4] Para solucionar este problema es necesario usar un conversor de niveles de voltaje. Una compuerta “AND” del tipo 74HCT08 puede ser usada como conversor de niveles y acoplada al circuito de la forma como se muestra en la figura (34) [25]:

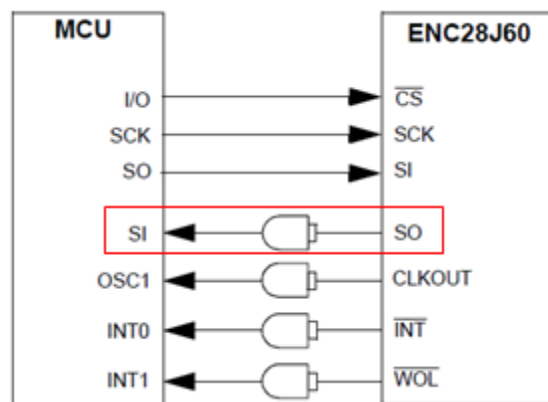


Figura 34 (Compuerta AND utilizada en conversión de nivel)

En este proyecto se utiliza solo una compuerta AND, tal como se muestra en el bloque de color rojo de la figura anterior, debido a que el ENC28J60 no da la

señal de reloj, ésta viene dada desde el micro controlador, y no se necesitan las interrupciones dadas por los pines remanentes.

3.5. - MICROCONTROLADOR Y COMUNICACIÓN SPI

El micro controlador PIC 18F4620, es el que envía, recibe y procesa las señales del ENC28J60 mediante el protocolo SPI. La funcionalidad de éste elemento es la incorporación de la capa de red, capa de transporte y capas superiores de aplicación.

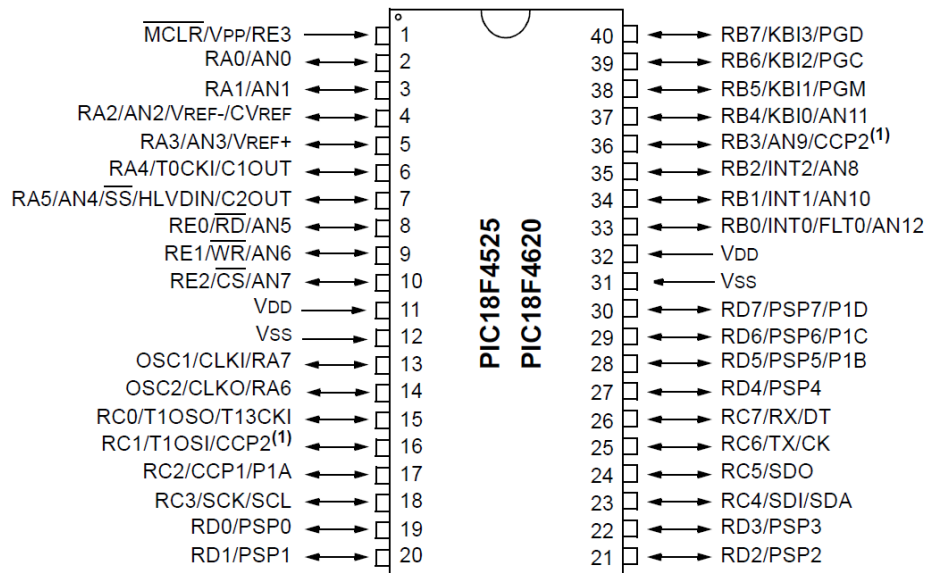


Figura 35 (Pines del Pic18F4620)

Para enviar la señal de reloj se utiliza el pin 18 del micro controlador, para la señales seriales de entrada y salida se utilizan los pines 23 y 24 respectivamente, la señal de selector de chip, “*Chip Select*” no será utilizada por lo tanto se la conecta a masa, (figura 35) [26].

3.6. – Comunicación RS232

La comunicación RS-232 es un estándar que define la forma de transferir datos entre dos dispositivos usando pocas conexiones, usa un método de transmisión serial en donde los bytes de datos son enviados uno a uno sobre una misma conexión. En caso de una comunicación bidireccional se usarían dos conexiones, aparte de una conexión a masa como punto de referencia, éste es el método más básico de configuración de una comunicación RS232 [27].

RS-232 es un protocolo de comunicación asíncrono serial que básicamente es capaz de transferir un byte de datos a través de una sola conexión en lugar de usar ocho conexiones para hacerlo como es el caso de la comunicación paralela. Figuras (36)(37) [28] .

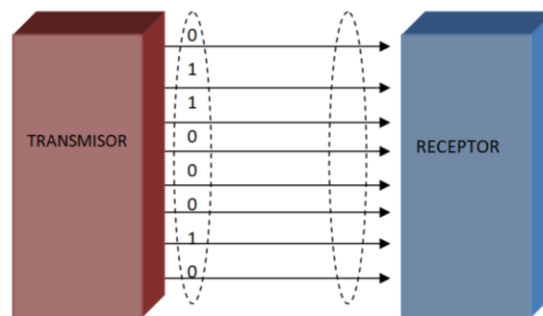


Figura 36 (Comunicación Paralela entre Dos Dispositivos)

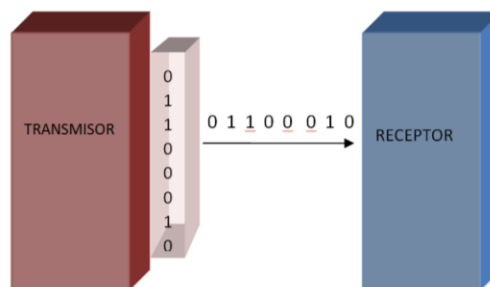


Figura 37(Comunicación Serial entre Dos Dispositivos)

El conector usado para la comunicación será el *DB9*, como se revisó en el análisis de factibilidad, se trabaja con dos rectificadores, los cuales poseen comunicación *RS-232* para el envío de notificaciones . El estándar *RS-232 DB9* utiliza nueve pines (Figura 38)[29], cada uno de los cuáles se detalla en la siguiente tabla 5.

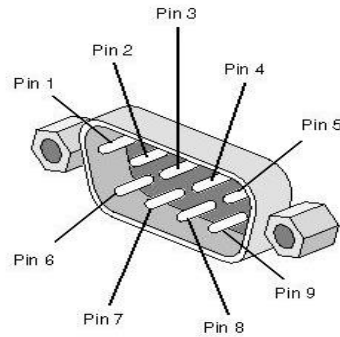


Figura 38 (Conector DB9)

Conector DB9			
PIN	NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	CD	Rx	Detector de Portadora
2	RXD	Rx	Receptor de datos
3	TXD	Tx	Transmisor de datos
4	DTR	Tx	Notificación de datos terminales en estado listo a enviarse.
5	GND	---	Tierra del Sistema
6	DSR	Rx	Notificador de Datos de Configuración listos
7	RTS	Tx	Notificación de pedido de envío.
8	CTS	Rx	Notificación listo para enviar
9	RI	Rx	Indicador de RING

Tabla 5 (Disposición de los Pines de un Conector DB9)

Únicamente se usan los pines de transmisión, recepción y tierra para la comunicación con el micro controlador, debido a que no se necesita el control de flujo de datos. El rol del micro controlador será el de solicitante de datos, como se muestra en el siguiente diagrama (Figura 39):

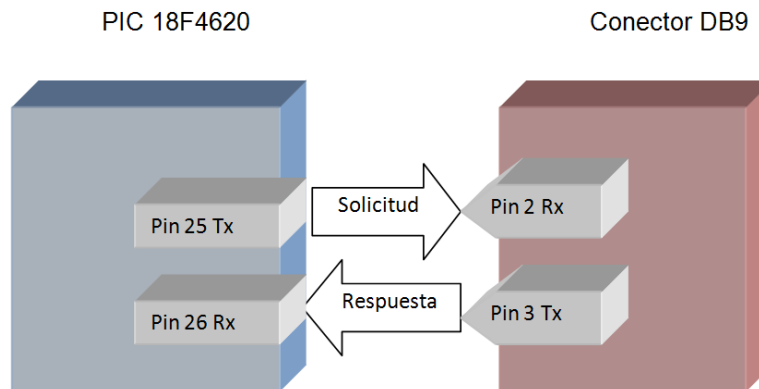


Figura 39 (Conexión entre Micro controlador y Conector DB9)

La comunicación RS-232 está basada en dos niveles de Voltaje, los cuales son uno lógico y cero lógicos, el primero representa un estado en bajo, y el cero lógico un estado en alto. La siguiente tabla 6, muestra los niveles de voltaje necesarios para que los dispositivos interpreten a la señal como un cero o uno.

Señales de Datos		
Nivel	Transmisor Tx	Receptor Rx
0 Lógico	+ 5 V a +15V	+3V a +25V
1 Lógico	-5V a -15V	-3V a -25V
Indefinido	-3V a +3V	

Tabla 6 (Niveles de Voltaje en una comunicación RS-232)

Debido a que el micro controlador es sólo capaz de interpretar niveles de voltajes ubicados entre 4.2V a 5.5V como un uno lógico, se necesita de un dispositivo intermedio que convierta los niveles de voltaje provenientes del conector *DB9* hacia el micro controlador y viceversa. Este dispositivo es el *MAX232*, cuyos pines 13 y 14 van a los pines emisor y receptor del conector *DB9*, en tanto que los pines 11 y 12 del *MAX232* se conectan a los pines emisor y receptor de un dispositivo *TTL*, en este caso el *PIC18F4620*.

Es necesario el proveer al *MAX232* una fuente de alimentación de 5V, así como de una referencia a tierra, de cuatro capacitores de 10 microfaradios para que puedan mediante su carga elevar los Voltajes y un capacitor de 0.1 microfaradios entre *Vcc* y *GND* para eliminar el ruido, (Figura 40), [30].

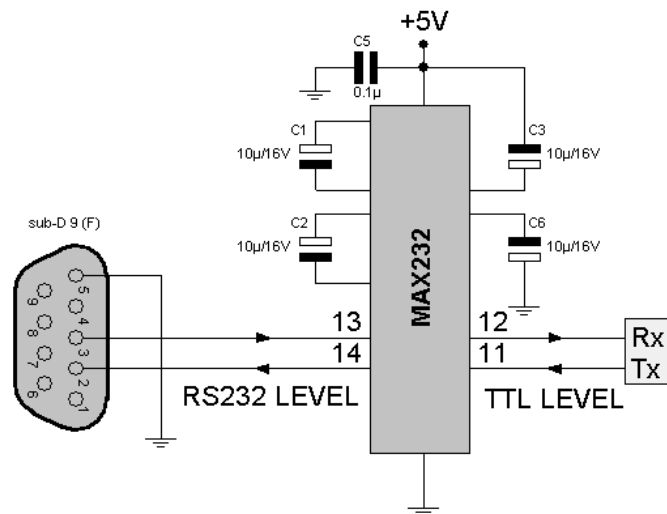


Figura 40 (Conexiones del MAX-232)



Con respecto a la distancias máximas de cableado para la correcta transmisión o recepción de datos, ésta no debe pasar de los 15.24 metros, o la distancia de cable equivalente a una capacitancia de 2500 pF [31]. En el caso del cable UTP CAT-5, que será usado en este proyecto, la capacitancia es de 55.76 pF/metros, lo cual implica que la distancia de cableado no debe sobrepasar los 44 metros [32].

Un MAX232 contiene dos conversores de nivel, por ello utilizamos solo un MAX232 para convertir los niveles de los dos puertos seriales con los que cuenta la tarjeta que se está diseñando. Estos dos puertos van a ser controlados por el micro controlador usando multiplexación.



Capítulo 4

Software y Diseño De La Tarjeta



4.1.- Introducción

El objetivo de este capítulo es el de crear el software que funcione sobre el *hardware* ya implementado en las secciones anteriores, se va a utilizar el software MPLAB X para la programación del micro controlador PIC18F4620 y el compilador a usarse es C18 el cual se basa en el lenguaje C.

En este capítulo se analiza también el diseño de un sistema capaz de revisar periódicamente distintos datos provenientes de cada uno de los sensores incorporados, así como al mismo tiempo permitir la comunicación en red.

En esta sección se presenta también una breve reseña y comandos fundamentales del protocolo de monitoreo simple de red, “*SNMP*”, así como el análisis y uso de un sistema gestor denominado “*I-REASONING*”, el mismo que es compatible con este proyecto y permite tanto la recaudación de datos de manera manual o automática, así como cambios remotos de parámetros en este sistema.

Para el diseño de la placa impresa se utilizó el software *EAGLE 6.4.0* en su versión gratuita, dado que todo el proyecto se realizó con software libre.

Al final del capítulo se indica el proceso de instalación de la tarjeta, así como los costos de producción de la misma.



4.2.- Protocolo SNMP:

El Protocolo Simple de Manejo de Red *SNMP*, está implementado en la capa de aplicación, usada para el intercambio de información de estado y control. Se basa en *UDP* como el protocolo de transporte para el paso de datos entre agentes y administradores, este protocolo no está orientado a la conexión. La aplicación *SNMP* será la que determine si el datagrama ha sido perdido y si hay necesidad de retransmitirlo, generalmente viene acompañado de un contador de tiempo de espera máximo. *SNMP* usa el puerto *UDP* 161 para enviar y recibir peticiones, y el puerto 162 para recibir "*traps*" desde dispositivos manejados, cada dispositivo que implementa *SNMP* usará esos números y puertos por defecto. [33].

4.2.1- ADMINISTRACION Y MONITOREO DE LA RED:

SNMP es una arquitectura de tipo cliente servidor que consiste de dispositivos manejados y estaciones de administración, los dispositivos manejados se ejecutan en la parte del servidor de *SNMP* conocido como agente, que es el que responde a comandos realizados por parte del administrador de la red.

La base de este protocolo es un conjunto de operaciones que permiten a los administradores de red cambiar el estado de un dispositivo basado en *SNMP*, por ejemplo, es posible el apagar la interfaz de un equipo o verificar la velocidad con la cual opera una interfaz *Ethernet*. [34]



4.2.2.-Entidades SNMP:

SNMP consiste en tres entidades o componentes básicos:

- Dispositivos Manejados
- Agentes
- Sistemas de manejo de red *NMS (Network Management System)*

Un dispositivo administrado es aquel en el cual reside el agente SNMP, la función principal de los dispositivos administrados es la de recolectar información, la cual es posteriormente enviada al Sistema de Red Administrador, *NMS*.

Un agente es un software que tiene acceso a la información y la convierte en un formato compatible con *SNMP*, algunas veces el agente tiene la capacidad para generar mensajes denominados “traps” si se presentan algunos problemas en la red o en los componentes monitorizados.

Un *NMS* consiste de un *software* de administración el cual es usado para enviar peticiones hacia el *software* agente con el fin de recolectar información acerca de la configuración, o en su defecto enviar configuraciones hacia el sistema agente. [35]

4.2.3.- IDENTIFICADORES DE OBJETOS Y MIB:

Un identificador de objeto, denominado como OID hace referencia a uno de varios elementos o equipos que están siendo monitorizados; estos identificadores se agrupan en estructuras jerárquicas en las cuales todos los elementos se encuentran numerados, como se observa en la siguiente figura 41, [36].

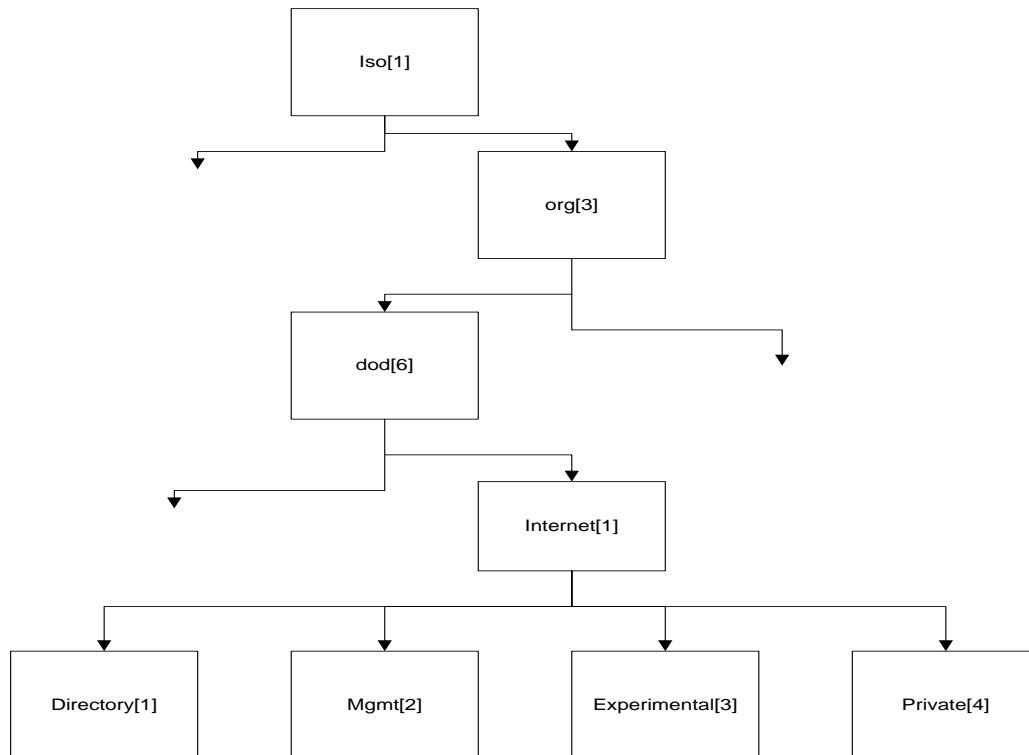


Figura 41 (Arreglo de OID's en un esquema tipo árbol)
Fuente Microchip

Del esquema mostrado anteriormente, el objeto *dod* puede ser definido como *iso1.org3.dod6* o puede ser expresado numéricamente *1.3.6*, similarmente el objeto *mgmt* puede ser definido como *1.3.6.1.2*

La base de datos implementada por el sistema gestor contiene un *OID* (*ObjectIdentifier*) único por cada elemento administrado en una red *SNMP*, el administrador no es capaz de monitorizar los dispositivos sin haber compilado sus archivos de base de datos, llamados *MIB*, que son una colección de identificadores de objetos, así la información necesaria para enviar reportes automáticos tales como eventos predeterminados, los mismos que se denominan “*traps*” que son formas en las que el agente notifica al NMS sobre la ocurrencia de uno o más eventos, el destino del “*trap*” es configurado desde el agente , y típicamente es la dirección IP del NMS. [37]



Los identificadores de objetos "*OID's*" (ObjectIdentifiers) en definitiva, son usados para distinguir cada variable por separado en la MIB y en los mensajes SNMP enviados desde o hacia el gestor.

4.2.4.- Operaciones Soportadas Por SNMPv2:

SNMPv2 usa el formato de mensajes denominado *PDU (Protocol Data Unit)*, que es el formato del mensaje mediante el cual los administradores y agentes envían y reciben información, esto lo hace mediante las siguientes operaciones:

GET.- Es la solicitud enviada por el administrador al agente para recolectar información acerca del estado del mismo. Este comando hace que el agente devuelva un "*GET RESPONSE*" al administrador, es decir una respuesta indicando que se recibió su solicitud. La manera por medio de la cual el agente distingue la petición realizada, es mediante una lista de objetos *MIB*, (figura 41) que le permite identificar qué información el administrador desea conocer, esto puede ser interpretado como pares de valores *OID* que permiten al solicitante de información seleccionar los datos que necesita. Este comando es útil para obtener el estado de un solo objeto a la vez.

GET-NEXT.- Esta operación permite ingresar los comandos para obtener un grupo de valores de la *MIB*. Debido a que un *OID* es una secuencia de enteros, es fácil para un agente el empezar desde el origen del esquema de árbol, llamado *SMI*, y llegar al *OID* buscado. Cuando el *NMS* recibe una respuesta desde el agente, envía otro comando "*GET-NEXT*", este proceso se realiza hasta el final del *MIB*.

GET-BULK.- Esta operación permite a la aplicación de administración el extraer información de varios objetos a la vez, no así la operación "*GET*" la cual solamente puede sacar datos de un solo objeto de la *MIB* en cada ejecución, pero el tamaño del mensaje está limitado por las capacidades del agente, si el agente no puede devolver toda la



información pedida, devuelve un mensaje de error. Este comando también permite ordenar al agente enviar la mayor cantidad de datos en su respuesta.

SET.-Usada desde el *NMS* para cambiar el valor de un objeto manejado en el agente o para ingresar un nuevo parámetro en la tabla de *OID*'s. [38]

4.2.5.- Comunidades SNMP

La correspondencia de un determinado *Agente* con un conjunto arbitrario de entidades de aplicación de *SNMP*, se denomina una comunidad *SNMP*, la cual es el grupo al cual corresponde tanto el agente como la *NMS*. Cada comunidad de *SNMP* está denotada por una cadena de octetos, conocido como "nombre de la comunidad". Un agente *SNMP* puede ser miembro de una o más comunidades *SNMP*, no responderá a las peticiones realizadas por estaciones de administración *NMS* provenientes de otras comunidades. [39]

4.3.- Librerías Microchip

Es posible obtener un código modelo para una aplicación *TCP/IP* diseñado para micro controladores *PIC*, el cual se encuentra disponible en el sitio web de MICROCHIP con el nombre de "*microchip-libraries-v2013-06-15*", dicho archivo es un programa ejecutable que se instala en el ordenador y contiene todas las librerías necesarias para implementar el stack *TCP IP*.

Se debe considerar que el micro controlador tenga suficiente "*RAM*" y espacio de memoria "*FLASH*" para soportar la implementación de la pila *TCP/IP*, el *PIC18F4620* que se está utilizando cumple con estos requerimientos, debido a que dicha pila ocupa treinta y tres por ciento de memoria "*RAM*" y alrededor de sesenta y ocho por ciento de "*FLASH*" de este micro controlador.

4.3.1- Pila de Protocolos TCP IP Microchip:

La empresa Microchip ofrece su propia versión del Stack TCP/IP diseñada específicamente para que funcione en varias de las familias alta gama de sus micro controladores, entre estas familias está la PIC18 sobre la cual se va a trabajar. Esta pila de protocolos es un conjunto de programas diseñado para proveer de servicios a una aplicación basada en TCP/IP.

Esta arquitectura de software está dividida en múltiples capas, donde cada capa está montada sobre otra y cada una accede a los servicios de una o más capas directamente bajo ella. Muchas de estas capas no solo actúan cuando un servicio es requerido sino también cuando eventos temporizados o la llegada de un nuevo paquete ocurren, Figura 42.

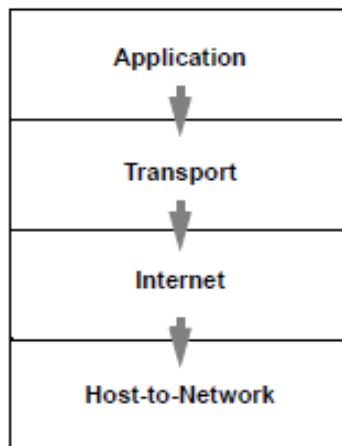


Figura 42. Capas TCP IP Microchip
(Fuente Microchip)

Existen dos módulos “StackTask” y “ARPTask”. “StackTask” maneja las operaciones de la pila y todos sus módulos, mientras ARPTask maneja los servicios de



ARP. Dado que estos servicios son sensibles al tiempo esta pila de protocolos se ha creado en una técnica llamada multitarea cooperativa.

Cuando existen varias tareas a realizarse, cada tarea toma su tiempo del procesador, realiza sus operaciones y devuelve el control del procesador a la siguiente tarea para que realice sus acciones. Cuando se utiliza multitarea cooperativa cada tarea es dividida en tareas más pequeñas, de manera que cada tarea toma poco tiempo para realizarse y entonces cada tarea puede usar su tiempo de procesador más a menudo.

Para información más detallada acerca de los módulos que integran la pila de protocolos TCP IP de microchip se debe revisar el documento AN833 de microchip. [40]

4.3.2.- Configuración de las Librerías TCP /IP:

Las librerías de MICROCHIP están diseñadas para ser usadas en las tarjetas de evaluación vendidas por la misma empresa. Es por ello para poder usar estas librerías se debe cambiar las configuraciones del hardware y ponerlas de manera que funcionen con el perfil de *HARDWARE* de la tarjeta que se está diseñando.

De entre todos los proyectos que se encuentran en las librerías *Microchip* se elegirá el proyecto *Demo App*, sobre este proyecto se va a proceder a diseñar el sistema. Una vez abierto el proyecto *Demo App* en *MPLAB X* se procede a cambiar las configuraciones de hardware.

El primer paso es ir al subdirectorio titulado como "*Configs*" del proyecto *TCP/IP Demo App*, en este directorio se puede ver que existen dos tipos de archivos unos



comienzan con *HWP* los otros con *TCP*, éstos son los archivos de configuración usados para el manejo del “*hardware*” y los distintos protocolos “*TCP/IP*” respectivamente.

Es necesario hacer una copia de los archivos que más se aproximan en estructura a la aplicación a desarrollarse, es decir que estén más ajustados al “*hardware*” con el que se cuenta. Siguiendo este lineamiento, los archivos denominados *HWP PIC18EX_ENC28J60.h* y *TCPIPEX_ENC28J60* se han renombrado como “*HWP_PIC18F4620_ENC28J60.h*”, y “*TCPIP_ENC28J60.h*” respectivamente.

Una vez que se tienen los archivos de configuración de *Hardware* y de *Software* renombrados de acuerdo a este proyecto, se procede a editarlos mediante el *software MPLAB X*. Aquí lo primero que se realiza una vez que está cargado el proyecto *Demo App* es elegir un perfil de *Hardware*, en la barra de herramientas existe un menú desplegable en el cual se selecciona el perfil de *Hardware* deseado, dado que se quiere crear un nuevo perfil hay que dirigirse hasta el final de la lista desplegable y se selecciona editar. Luego se hace clic en el botón “*Manage*” y se selecciona cualquiera de las configuraciones de *Hardware* posteriormente se hace clic en copiar, luego clic en “*Rename*” se cambia el nombre y por último se lo deja como activo y se pulsa *Ok*.

Ahora es necesario seleccionar el programador (*PicKit 2*), el compilador (*C18*) y el microprocesador (*PIC18F4620*) que utilizará el perfil de hardware que se acaba de crear. Ahora en esta misma ventana de propiedades hay que cambiar el *macro* del pre-procesador y poner el siguiente nombre *CFG_INCLUDE_C18_ENC28*, y de igual manera para el ensamblador. Esto permite activar o desactivar partes del código dependiendo de la configuración de hardware seleccionada.

Ahora de regreso al proyecto hay que abrir el archivo “*HardwareProfile.h*” en este *header* es necesario hacer el siguiente cambio, reemplazar “*YOUR_BOARD*” por



“CFG_INCLUDE_C18_ENC28”. De la misma manera hacer clic derecho en el folder *“HW Config”* en el panel titulado proyectos, seleccionar *“AddExistingItem”* y añadir el archivo *“HWP_C18_ENC28.h”*; es necesario el proceso de excluir éste archivo de otras configuraciones de proyectos existentes, pulsando sobre el proyecto con el botón derecho del ratón para que se despliegue el cuadro de propiedades en donde se selecciona *“Excludefrombuildcheckbox”*.

El siguiente paso es abrir el archivo *“HWP_C18_ENC28.h”*; en el comienzo de dicho archivo, existe una definición global acerca de la configuración del hardware que está siendo utilizada, por conveniencia se le asignó el nombre de *“PIC18_MYBOARD”*.

Se prosigue abriendo el archivo *“TCPIPConfig.h”*, en donde se añade:

```
#if defined(CFG_INCLUDE_C18_ENC28)
```

```
#include Configs/TCPIP_C18_ENC28.h
```

Abrir el folder de *“TCPIP”* que se encuentra ubicado por debajo de la opción *“Header Files”* en el panel de proyectos y añadir el archivo *“TCPIP_C18_ENC28.h”* al proyecto y excluirlo de las otras configuraciones construidas.

A continuación se abre el archivo de cabecera *“TCPIP_C18_ENC28.h”* y se lo modifica de acuerdo a los requisitos de comunicación *TCP/IP* deseados, los cuáles son los siguientes:

- Configurar la dirección *IP* y la dirección *MAC* en *TCPIP_C18_ENC28.h*
- Desactivar usar *EEPROM* en *TCPIP_C18_ENC28.h*
- Comentar *HTTP_MPFS_UPLOAD* en *TCPIP_C18_ENC28.h*
- Comentar *SNMP_TRAP_DISABLED* en *TCIP_C18_ENC28.h*



Se requiere también de un cambio de los registros de la columna izquierda con los de la derecha esto para compatibilidad de los registros con los que tiene el micro PIC18F4620, los cuales son los siguientes:

SSP1BUF	SSPBUF
SSP1CON1	SSPCON1
SSP1CON1bits	SSPCON1bits
SSP1CON2	SSPCON2
SSP1STAT	SSPSTAT
SSP1STATbits	SSPSTATbits

Ahora que ya se ha configurado el hardware sobre el cuál va a trabajar la pila se procede a configurar las aplicaciones del stack TCP /IP. Lo primero que hay que cambiar es la dirección ip y demás configuraciones de red. Esto se lo realiza en el archivo TCP_C18_ENC28.h. Las configuraciones dadas son las siguientes:

- IP: 172.31.247.2
- Mascara: 255.255.255.240
- MAC: 00:04:A3:00:00:02

Las líneas de código correspondiente son:

```
#define MY_DEFAULT_MAC_BYTE1    (0x00)
#define MY_DEFAULT_MAC_BYTE2    (0x04)
#define MY_DEFAULT_MAC_BYTE3    (0xA3)
#define MY_DEFAULT_MAC_BYTE4    (0x00)
#define MY_DEFAULT_MAC_BYTE5    (0x00)
#define MY_DEFAULT_MAC_BYTE6    (0x02)

#define MY_DEFAULT_IP_ADDR_BYTE1 (172ul)
#define MY_DEFAULT_IP_ADDR_BYTE2 (31ul)
#define MY_DEFAULT_IP_ADDR_BYTE3 (247ul)
#define MY_DEFAULT_IP_ADDR_BYTE4 (2ul)
```



```
#define MY_DEFAULT_MASK_BYTE1      (255ul)
#define MY_DEFAULT_MASK_BYTE2      (255ul)
#define MY_DEFAULT_MASK_BYTE3      (255ul)
#define MY_DEFAULT_MASK_BYTE4      (240ul)
```

Una vez cambiadas estas configuraciones, se procede a cambiar las configuraciones de Hardware en HWP_PIC18_ENC28.h. Lo primero que se procede a hacer es cambiar los fusibles del micro controlador de acuerdo a las necesidades del PIC a usarse. Por ejemplo para este proyecto se utilizó.

```
#pragma config OSC=HSPLL      //HS oscillator, PLL enabled
#pragma config FCMEN=OFF      //Fail-Safe Monitor
#pragma config IESO=OFF      //Internal/External Osc Switchover
#pragma config BOREN = OFF    //Brown-out Reset
#pragma config MCLRE = ON    //Master reset
#pragma config PWRT=OFF      //Power up Timer
#pragma config WDT=OFF      //Watch Dog Timer
#pragma config LVP=OFF      //Single-Supply ICSP
#define GetSystemClock()      (40000000ul)
```

En este mismo archivo se editan los pines correspondientes al hardware, esto se repite para cada pin del PIC a ser usado, por ejemplo:

```
#define LED0_TRIS              (TRISBbits.TRISB3) // Ref D1
#define LED0_IO                (LATBbits.LATB3)
```

Hay que configurar dos registros por cada pin que se vaya a usar, el TRIS y el LATCH, el primero nos indica si un determinado pin es configurado como entrada o como salida.y el segundo guarda el valor actual del pin. Hay que configurar los pines de: Relés (CCO), entrada de contactos secos (CCI), switches de multiplexor (CCI), switches de multiplexor entradas analógicas, switch del RS232, pines del ENC28J60, pines del SPI, pin del LED.



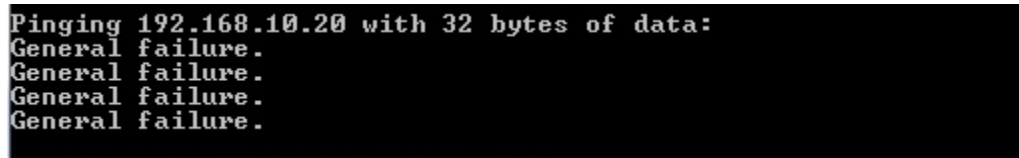
Las direcciones de cada pin se verán más adelante en el esquemático de la tarjeta.

Lo siguiente que se debe hacer es activar o desactivar los módulos necesarios para cada aplicación, en este caso solo se necesita hacer la prueba de PING. Para ello se abre el archivo TCPIP_C18_ENC28.h aquí se desactivan todos los módulos con los que cuenta la tarjeta y únicamente se deja activo el módulo:

```
#define STACK_USE_ICMP_SERVER
```

Ahora se puede hacer la respectiva prueba de PING para comprobar el correcto funcionamiento de la pila de protocolos y además de el hardware de comunicación.

Hay que tener en cuenta que programas tales como antivirus y firewall pueden bloquear la conectividad, esto es lo que sucedió con esta tarjeta, en un inicio no se pudo recibir PING debido a que el software antivirus tenía bloqueada la comunicación, lo que se generaba errores, como se ilustra en la figura 43.



```
Pinging 192.168.10.20 with 32 bytes of data:  
General failure.  
General failure.  
General failure.  
General failure.
```

Figura 43. Error De Ping

La pila de protocolos de Microchip también cuenta con su propia aplicación para encontrar a sus tarjetas en la red usando el protocolo ARP. Para activar esta función hay que activar la línea de código:

```
#define STACK_USE_ANNOUNCE
```

Ahora en la computadora de totoracocha se debe correr el software de microchip “TCPIP Discoverer” la respuesta que se obtiene se ilustra en la siguiente figura 44.

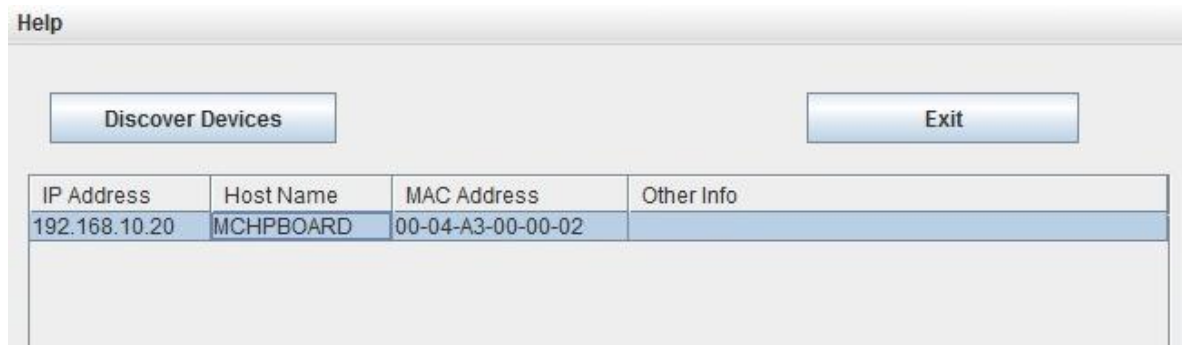


Figura 44. Respuesta TCP IP Discoverer
Fuente Microchip

En este punto se sabe que la pila de protocolos está funcionando correctamente, ahora sobre esta pila se implementará SNMP.

4.3.3.- Configuración de la Librería SNMP:

Una vez que se tiene funcionando la pila de protocolos se procede a implementar la aplicación SNMP, ya que esta se encuentra en la última capa de la pila de protocolos, en la capa de aplicación tal como se ilustra en la siguiente figura 45.

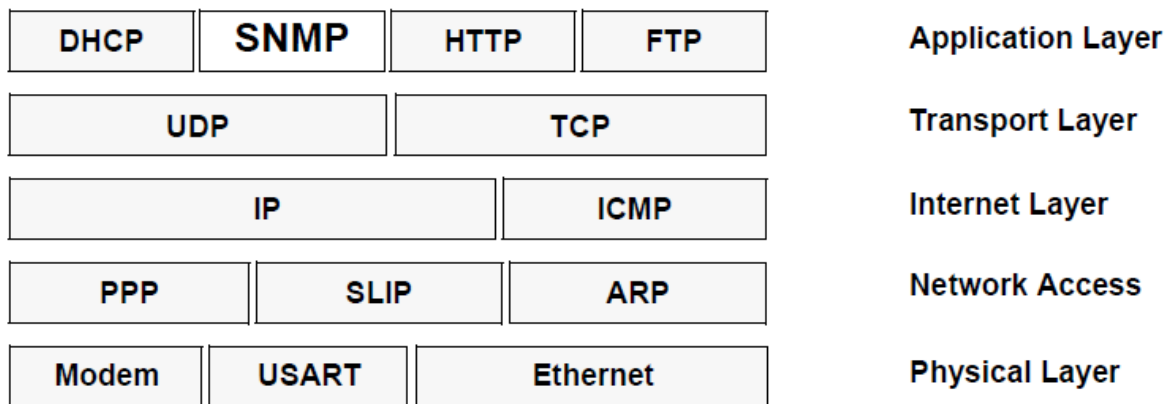


Figura 45. Capas del Protocolo TCP IP
Fuente Microchip



Se necesita definir el MIB específico para esta aplicación, es por ello que se debe editar el archivo snmp.mib el cual utiliza el lenguaje ASN.1 para definir las variables, aunque microchip tiene su propio lenguaje para definir las.

A continuación se puede observar la definición de una variable llamada pushButton, que tiene valores “open y closed” que es del tipo solo lectura y está en ubicada la rama control en la hoja 3.

microchip.control.pushButton

\$DeclareVar(PUSH_BUTTON, BYTE, SINGLE, READONLY, 43.6.1.4.1.17095.3.3)

\$DynamicVar(PUSH_BUTTON, 7)

Ahora como se mencionó anteriormente microchip tiene su estructura propietaria para definir las variables, lamentablemente esta estructura no es compatible con los software NMS por ello también se debe editar el archivo mchip.mib el cuál debe ser cargado en el software NMS en este caso IReasoning para que este último pueda controlar las variables. A continuación se puede observar como definir la misma variable usando la sintaxis ASN.1

pushButton OBJECT-TYPE

SYNTAX INTEGER { OPEN(1), CLOSED(0) }

ACCESS read-only

STATUS mandatory

DESCRIPTION

"8-bit A/D value"

::= { control 3 }



Una vez que se han definido todas las variables a ser usadas, se procede a compilar el archivo snmp.mib de manera que pueda ser leído por el micro controlador. El micro controlador no puede interpretar archivos con extensión “.mib ” sino que sólo puede leer archivos que han sido creados bajo un formato propietario de Microchip “.bib”

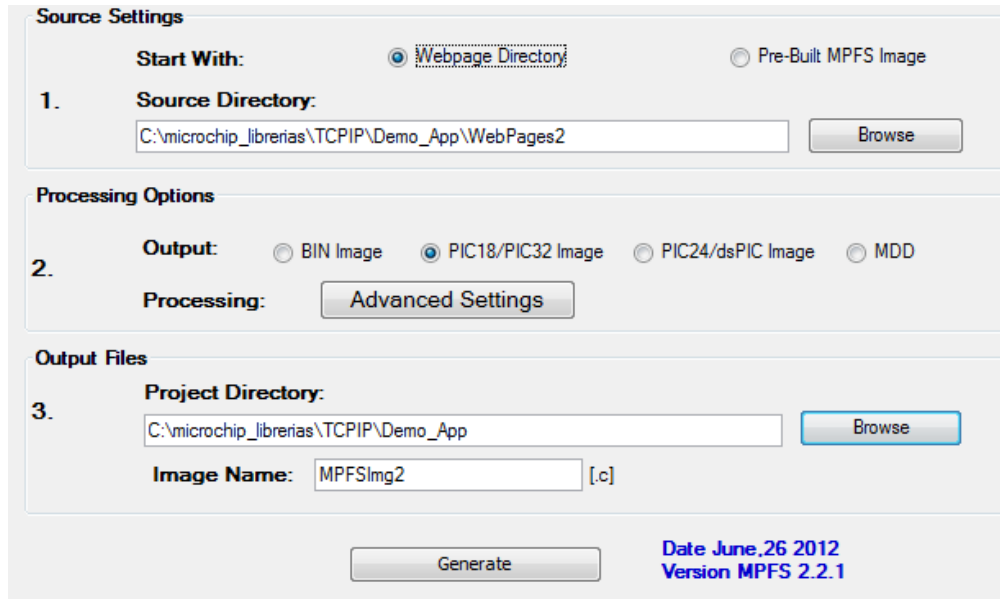
Se debe utilizar el script mib2bib para realizar la compilación de .mib a .bib, este script es un programa en java que se ejecuta sobre la línea de comandos. Primero se debe abrir la línea de comandos, luego hay que dirigirse a la carpeta en la cual el script está localizado. Ahora hay que escribir el código:

```
java -jar mib2bib.jar snmp.mib
```

En donde snmp.mib es el archivo de entrada y los archivos de salida son snmp.bib y mib.h. Si existe ya un archivo llamado snmp.bib se debe agregar al código del script “/q “ lo cual causa que los archivos puedan ser sobreescritos.

Ahora una vez que se tiene el archivo .bib es necesario compilar el mismo para poder cargarlo al micro controlador, de modo que quede bajo la estructura MPFS. Esto se lo realiza mediante el software MPFS2 Generator. Como se ilustra en la figura 46.

A la salida se obtendrá un archivo MPFSImg2.c el cual junto con el archivo mib.h deben ser agregados al proyecto en MPLAB X.



The screenshot shows the MPFS Generator application window. It is divided into three main sections: Source Settings, Processing Options, and Output Files. In the Source Settings section, 'Start With' is set to 'Webpage Directory' (selected with a radio button) and 'Pre-Built MPFS Image' is unselected. Below this, '1. Source Directory' is set to 'C:\microchip_librerias\TCPIP\Demo_App\WebPages2' with a 'Browse' button. The Processing Options section shows '2. Output' with 'PIC18/PIC32 Image' selected among other options (BIN Image, PIC24/dsPIC Image, MDD). There is a 'Processing:' button labeled 'Advanced Settings'. The Output Files section shows '3. Project Directory' set to 'C:\microchip_librerias\TCPIP\Demo_App' with a 'Browse' button. Below this, 'Image Name' is set to 'MPFSImg2' with a '[c]' button. At the bottom, there is a 'Generate' button and text indicating 'Date June,26 2012' and 'Version MPFS 2.2.1'.

Figura 46. MPFS Generator
Fuente Microchip

Cabe señalar que todas las configuraciones deben quedar guardadas en la memoria *FLASH* interna del micro controlador, esto se realiza en la línea de comando *MPFS*, que es en donde también estará almacenado el árbol de objetos, *SMI*, de *SNMP*, por ello es necesario “comentar” las líneas de código *EEPROM* y *FLASH*, ya que de no hacerlo las configuraciones se guardarían en estas memorias externas en lugar de la *FLASH* interna.

En el archivo *TCPIP_C18_ENC28.h* se procede a configurar las comunidades *SNMP*

Una vez hecho esto, en el software *NMS* se carga el archivo *mchip.mib* el cual contiene toda la información sobre la estructura y nombres de las variables *OID*. En este software solo es necesario configurar la dirección *IP* del Agente y los nombres de las comunidades, esto se lo realiza en el Software *IReasoning*.



4.4.- Configuración de los Sensores:

Hasta ahora se ha configurado el micro controlador para que soporte la pila de protocolos TCP IP, ahora se procede a configurar el proyecto de manera que estas variables recién creadas estén relacionadas con los sensores a los cuales representan. Esto se lo realiza en el archivo CustomSNMPApp.c en las funciones SNMPSetVar y SNMPGetVar.

Debido a que el sistema debe ser programado en modo multitarea cooperativa no se puede actualizar todos los valores de los sensores en una sola iteración, es por ello que se ha sub dividido esta tarea grande en varias sub tareas, por ello en cada iteración solo se actualiza el estado de un sensor, y se devuelve el control del procesador a las otras tareas.

Dado que la velocidad del micro controlador es de 40 Mhz todas las variables se actualizan de manera muy rápida, entonces este retraso que podría existir por sub dividir las tareas es imperceptible.

A la entrada de cada conversor analógico o de los CCI se colocaron multiplexores de 8 entradas, esto para optimizar los recursos de hardware. El software primero lee la entrada número 1 del primer multiplexor, la procesa y devuelve el control a las otras tareas, en la siguiente iteración lee la entrada 1 del segundo multiplexor, la procesa y devuelve el control a otras tareas. Este proceso se repite sucesivamente para las entradas 2,3,...,8 y se repite el proceso de manera indefinida. etc.

Dado que se realiza una conversión de analógico a digital. Es necesario encontrar la ecuación que gobierna esa conversión, es por ello que se van comparando las entradas

analógicas con los valores correspondientes digitales. Se crea una tabla y con estos valores se aproxima una ecuación. Este procedimiento es llamado: Calibración De Sensores.

4.5.- Diseño de la placa con el Software Eagle

Una vez que se tiene definido todo el hardware es necesario diseñar la placa electrónica, de acuerdo a las dimensiones establecidas por la caja que la contendrá, también hay que tener en cuenta las posiciones de los tornillos que servirán para sujetar la tarjeta a dicha caja, en la siguiente imagen se puede observar la caja utilizada WCA-H2507 26x19x8.5 cm, figura 47.



Figura 47. Wishe Project Box
Fuente Wishe

Dadas las dimensiones de la caja se diseña la tarjeta como se puede ver en la siguiente figura 48.

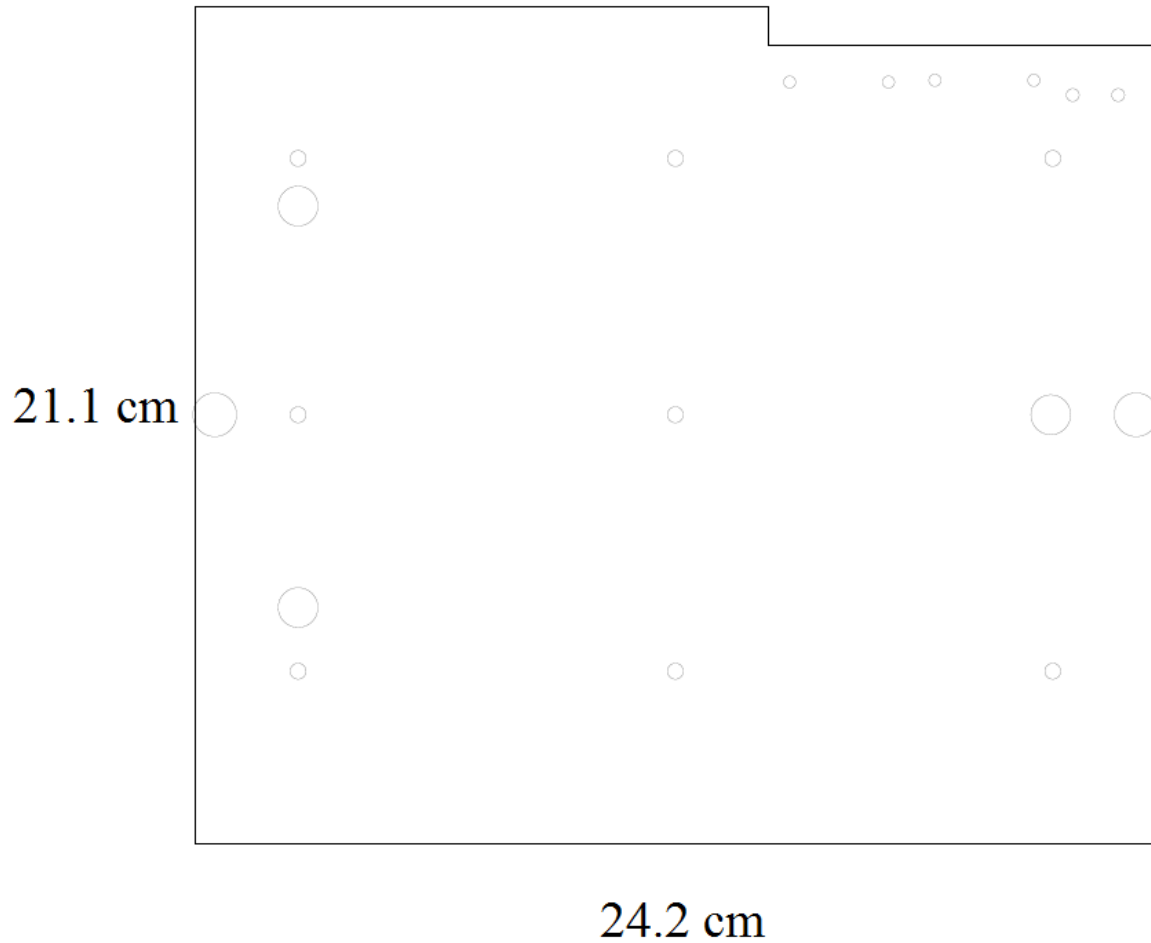


Figura 48. Dimensiones de la Tarjeta

Bajo estas dimensiones se construyó la tarjeta usando el software EAGLE 6.4.0 tal como se ve en la siguiente figura 49.

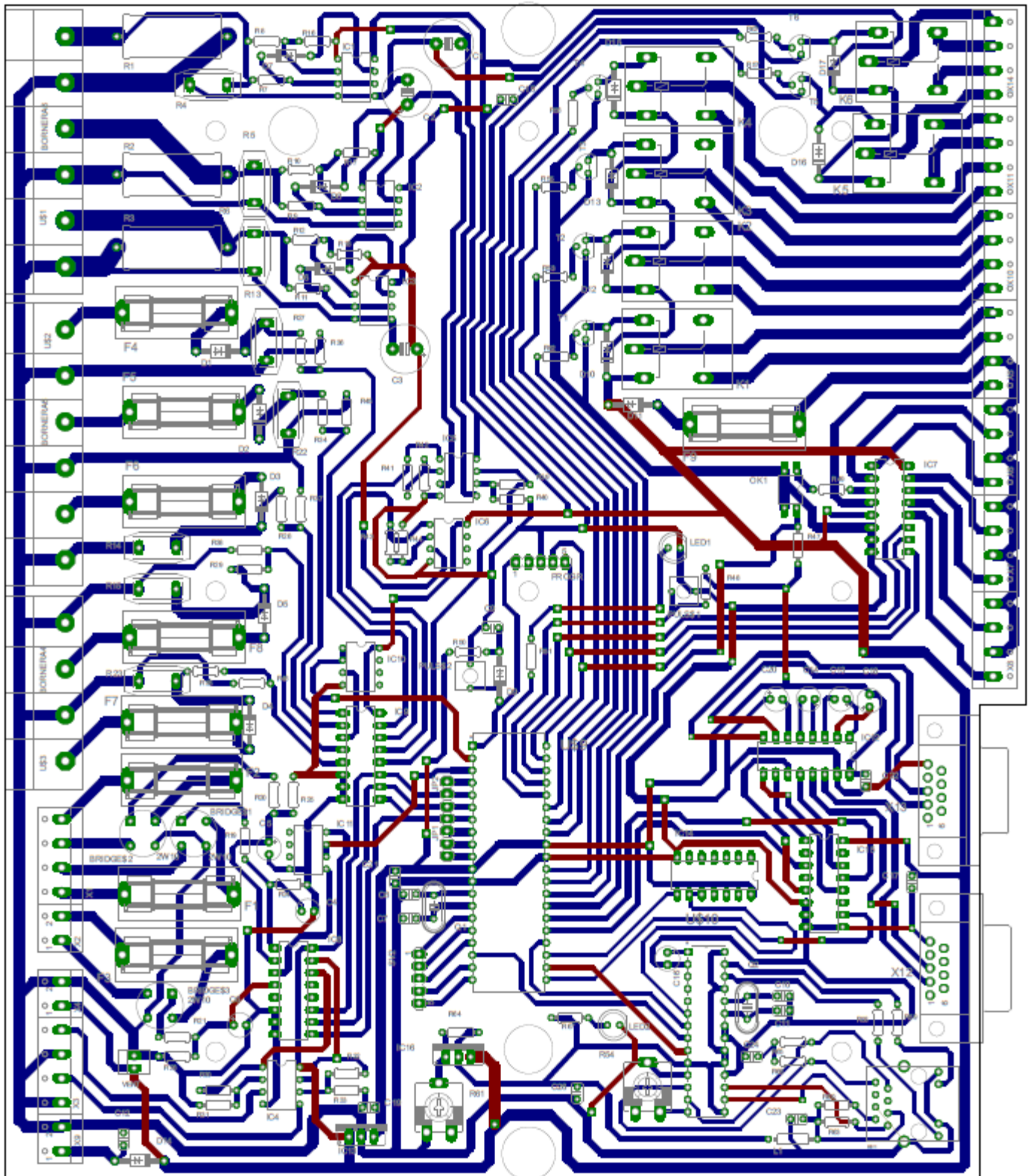


Figura 49. PCB de la Tarjeta

4.6.- Instalación de La Placa En El Nodo Ricaurte

Según lo acordado con la empresa municipal ETAPA EP este prototipo debe ser instalado en el Nodo De Ricaurte. El lugar escogido para instalarlo fue en el cuarto de rectificadores ya que aquí había el espacio suficiente para instalar el equipo y poder hacer el cableado correspondiente. Tal como se muestra en la siguiente figura 50.



Figura 50. Cuarto De Rectificadores

La placa electrónica diseñada debe ser colocada en una caja que le brinde seguridad y resistencia mecánica, es por ello que se la instaló en una caja metálica de paso de 30x30 cm. Tal Como se muestra en las siguientes figuras 51 y 52.



Figura 51. Instalación de la caja

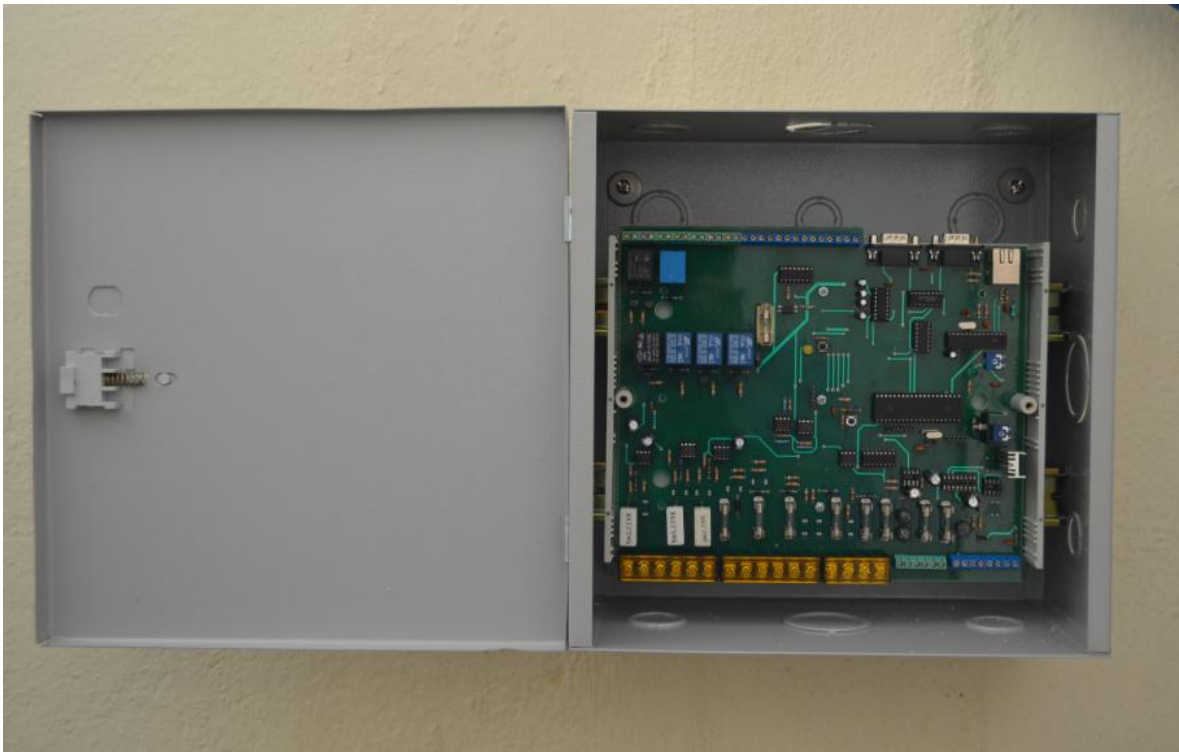


Figura 52. Caja Protectora

4.7.- Costos de la Tarjeta

Luego de haber concluido el proyecto, se pueden conocer los costos totales de la producción e implementación de la tarjeta de monitoreo, cabe recalcar que estos costos son los de producción del prototipo. Para la producción del resto de tarjetas de este sistema habría que hacer el análisis de costos ya los precios se beneficiarían por la producción en masa.

Para instalar la tarjeta en el nodo se necesita de los siguientes elementos, tabla 7.

Y para implementar los sensores los costos están en la tabla 8.

Extras	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Caja de plástico 24x18 cm	1	\$ 23,30	\$ 23,30
Riel DIN	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Caja de paso 30x30 cm	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Tornillos Surtidos	1	\$ 4,00	\$ 4,00
TOTAL			\$ 54,30

Tabla 7. Costos De Instalación Tarjeta

Sensor	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Ultrasónico	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Transformador De Corriente	3	\$ 18,00	\$ 54,00
Transformador De Voltaje	3	\$ 6,00	\$ 18,00
TOTAL			\$ 107,00

Tabla 8. Costos De Los Sensores

En lo que respecta a materiales usados para la construcción de la placa electrónica se puede observar en la siguiente Tabla 9 los costos detallados de los elementos usados.



Ítem	Cantidad	Precio Unit.	Precio Total
Placa Impresa Doble Lado, Antisolder	1	\$ 98,00	\$ 98,00
Micro controlador Pic18F4620	1	\$ 9,50	\$ 9,50
Controlador Red ENC28J60	1	\$ 9,80	\$ 9,80
LM317	1	\$ 1,00	\$ 1,00
LM35	1	\$ 4,00	\$ 4,00
LM7805	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Max232	1	\$ 4,50	\$ 4,50
LM358N	8	\$ 0,50	\$ 4,00
CD4051B	3	\$ 1,20	\$ 3,60
MC14052BCP	1	\$ 1,20	\$ 1,20
PC817	1	\$ 0,60	\$ 0,60
74HCT08N	1	\$ 0,50	\$ 0,50
MAGJACK RJ45	1	\$ 3,00	\$ 3,00
2N3904	6	\$ 0,40	\$ 2,40
RELE 12V	6	\$ 1,00	\$ 6,00
Puente 2W10	3	\$ 0,40	\$ 1,20
Porta Fusibles	9	\$ 0,20	\$ 1,80
Fusibles	9	\$ 0,05	\$ 0,45
1N4004	17	\$ 0,25	\$ 4,25
Resistencia 1/4W	54	\$ 0,03	\$ 1,62
Resistencia 5 W	3	\$ 0,50	\$ 1,50
Capacitor Cerámico	14	\$ 0,05	\$ 0,70
Capacitor Electrolítico	8	\$ 0,25	\$ 2,00
Cap. Elect. 500uF	3	\$ 0,40	\$ 1,20
Cristal	2	\$ 0,80	\$ 1,60
LED	2	\$ 0,15	\$ 0,30
Trimmer	2	\$ 1,40	\$ 2,80
Puerto Serial Hembra	2	\$ 1,50	\$ 3,00
Pulsante	2	\$ 0,15	\$ 0,30
Bornera Verde	21	\$ 0,30	\$ 6,30
Bornera Naranja x6	2	\$ 2,70	\$ 5,40
Bornera Naranja x4	1	\$ 2,20	\$ 2,20
Inductancia	1	\$ 0,45	\$ 0,45
Peineta Header	1	\$ 0,60	\$ 0,60
Fuente 12V	1	\$ 15,00	\$ 15,00
TOTAL			\$ 201,27

Tabla 9. Costos Tarjeta Electrónica



CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de éste proyecto se ha constatado que la implementación de un sistema de monitoreo y activación remota, no presenta mayor dificultad en cuanto al aspecto técnico ni a costo, todos los elementos están disponibles en comercios de materiales electrónicos o en tarjetas de red de computadoras descartadas, así se ha obtenido un sistema de monitoreo remoto robusto y fácil de replicar pudiendo reducir a empresas ya sea públicas o privadas costos en cuanto a equipos.

Otro aspecto a considerar son las distintas funcionalidades que puede tener este sistema, que puede ser usado en el ámbito industrial, así como en el ámbito de la seguridad, maximizando la utilidad y reduciendo gastos, ya que remotamente se puede conocer el estado de cualquier variable, ya sea esta analógica o digital, sin la necesidad de enviar personal a revisar el estado de estos parámetros.

Se debe tomar en cuenta el software gestor de SNMP que va a ser utilizado, debido a que ciertos programas comerciales permiten en su versión gratuita la monitorización de solo un determinado número de sensores, como es el caso de PRTG. Es por esta razón recomendable el uso de I-REASONING, el cuál es un software libre que no tiene restricciones en cuanto al número de sensores, así como permite operaciones de activación remota.



REFERENCIAS

- [1] FGW MIAMI LCP2/0306/GB
<http://www.powerlite.com.au/docs/fg%20wilson%20control%20panels/lcp2%20control%20panel.pdf>
- [2] FGW MIAMI P18E2 "*Technical Operation & Manteinance Manual*" 2nda Edición.
- [3] [http://www.wirelessclassifieds.com/upload/409_Technical%20Specifications%20Technical%20Documents%20Emerson %20HD4830.pdf](http://www.wirelessclassifieds.com/upload/409_Technical%20Specifications%20Technical%20Documents%20Emerson%20HD4830.pdf)
- [4] http://www.telecomnetworks.ru/datadocs/doc_745yi.pdf
- [5] *ACM 1D V3.0x User's Guide*, ALCATEL. , 1989.
- [6] Edwin Hall (1879). "*On a New Action of the Magnet on Electric Currents*". American Journal of Mathematics (American Journal of Mathematics, Vol. 2, No. 3)
- [7] N.W. Ashcroft and N.D. Mermin "*Solid State Physics*"
- [8] [www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/194811e319ce2bb7c2256f9e00324a2f/\\$file/applicationct_accuracylimitfactorena.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/194811e319ce2bb7c2256f9e00324a2f/$file/applicationct_accuracylimitfactorena.pdf)
- [9] http://camsco-electric.com /product/1181909038-219201203/MULTI_MOUNT_CURRENT_COIL_CT_MFO_TYPE.html
- [10] http://www.planetanalog.com/document.asp?doc_id=528005
- [11] <http://www.site.uottawa.ca/~rhabash/ELG4135L8.pdf>
- [12] <http://cie-wc.edu/1436-Non-inverting-Op-Amp-01-24-2012.pdf>
- [13] Ryder, J D, *Electronic Fundamentals & Applications*, Pitman Publishing, 1970.
- [14] http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT4051.pdf
- [15] <http://www.ti.com/product/lm358-n>
- [16] US patent 5319973
- [17] <http://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/28015-PING-Sensor-Product-Guide-v2.0.pdf>
- [18] TEXAS INSTRUMENTS, *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [19] Best-Micro Controllers- Projects, *SPI interface*, <http://www.best-microcontroller-projects.com/spi-interface.html>



- [20] [21][22][23][24][25] MICROCHIP, *ENC28J60*,
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39662a.pdf>
- [26] MICROCHIP, *PIC18F4620*,
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39626e.pdf>
- [27] Horowitz, Paul; Winfield Hill (1989). *The Art of Electronics* (2nd ed.) Cambridge, England
- [28] <http://electronics-madeeasy.blogspot.com/2010/12/rs-232-interfacing-computer-with.html>
- [29] DB9 CONNECTOR, <http://www.db9connector.org/connectors/>
- [30] Scott W Harden, *Simple Case AVR/PC Serial Communication via MAX232*, 2009,
<http://www.swharden.com/blog/2009-05-14-simple-case-avrpc-serial-communication-via-max232/>
- [31] [32] CAMPBELL SCIENTIFIC, <http://www.seatronics-group.com/assets/uploads/resources/2010/3/019c8cbf-f02a-45cd-9239-c0bd7b493693.pdf>
- [33] RFC Search Detail: *Standards Track snmpv2 RFCs*". The RFC Editor. 2014-02-24.
- [34] Cisco Press, *NMS Best Practice*, Document 15114 Updated July 2007,
<http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/availability/high-availability/15114-NMS-bestpractice.pdf>
- [35][36][37] [38][39]Douglas Mauro, Kevin Schmidt, *Essential SNMP 2nd Edition*, September 2005.
- [40] Nilesh Rajbharti , *An SNMP Agent for the Microchip TCP/IP Stack*, MICROCHIP, AN870

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ENC28J60.- Es un módulo creado por la marca MICROCHIP, el cuál incorpora la capa física y la MAC para una comunicación en red.

ETHERNET.- Hace referencia a una familia de tecnologías de red, en las cuales los sistemas que lo usan dividen los datos a enviarse en trozos llamados tramas, cada una de las cuales contiene una dirección de origen y destino, así como un código de redundancia cíclica para corregir errores.



IP.- Se define como una etiqueta numérica de capa 3, asignada a un dispositivo de red. Tiene dos funciones, identifica al host o a la interfaz a la cual está asignada, así como de permitir que otros hosts o dispositivos la localicen.

MAC.- Es un identificador único, asignado a una interfaz de red para comunicaciones sobre el segmento físico de la red.

Micro controlador.- Computadora de pequeño tamaño en un circuito integrado que contiene un núcleo de procesamiento, memoria y periféricos de entrada y salida programables.

PIC18F4620.- Es el micro controlador de la familia MICROCHIP, utilizado en este proyecto, el mismo que posee conversores analógicos digitales de diez bits de resolución y soporte para SPI.

PSM-A10.- Tarjeta perteneciente a un equipo ALCATEL, por medio de la cual se extrae la información de estado del equipo al cual pertenece.

PRTG.- Es un software diseñado para monitorear variables mediante SNMP.

TC.- Transformador de corriente, usado para sensar corrientes mediante la conversión de estas en un voltaje a las salidas de sus terminales.



TCP/IP.- Es el modelo de estructura de red y de protocolos usados para el Internet o redes similares, se denomina de este modo porque sus protocolos más importantes son TCP (Protocolo de Control de Transmisión) e IP (Protocolo de Internet), fue desarrollado por el Departamento de Defensa de EEUU.

SNMP.- Protocolo de manejo de red simple, se usa para el monitoreo remoto de equipos o sus componentes, envía los datos de monitoreo en formas de variables las cuales son predefinidas por el usuario.

SPI.- Interfaz periférica serial, es un enlace de datos seriales síncronos, el mismo que es usado para comunicaciones de dispositivos en distancias cortas y en modo maestro/esclavo.

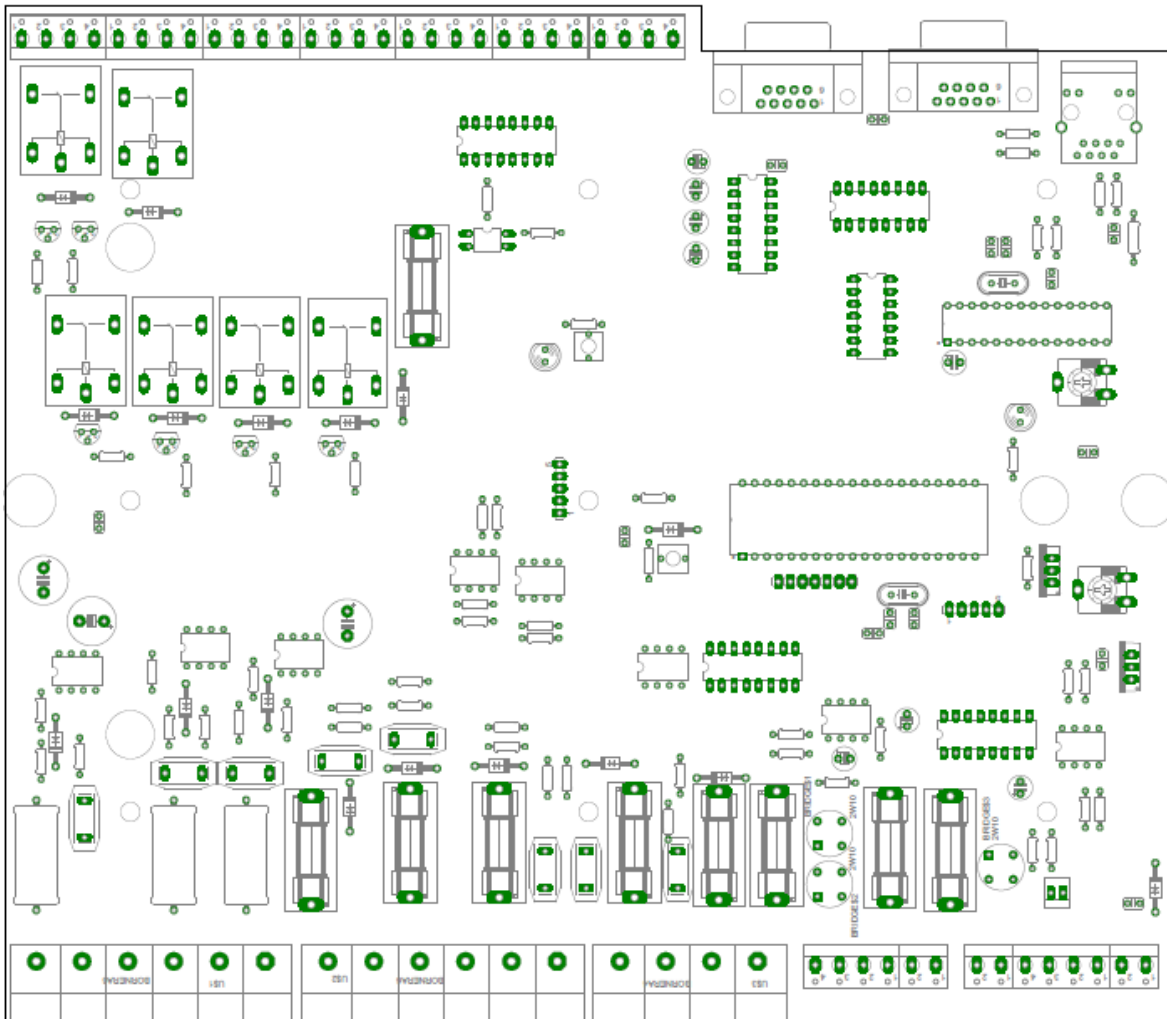
SPLITCORE.- Hace referencia a un transformador de corriente, para el cual en su instalación no necesita hacerse la desconexión de un cable, debido a que este puede abrirse y encajarse al cable en el cual se desea medir la corriente.

UDP.- Protocolo de datagramas de usuario, usa un modelo simple de transmisión de paquetes en el que no se verifica la llegada de paquetes al destino, ni existe reenvío en caso de darse un fallo en la entrega del paquete.

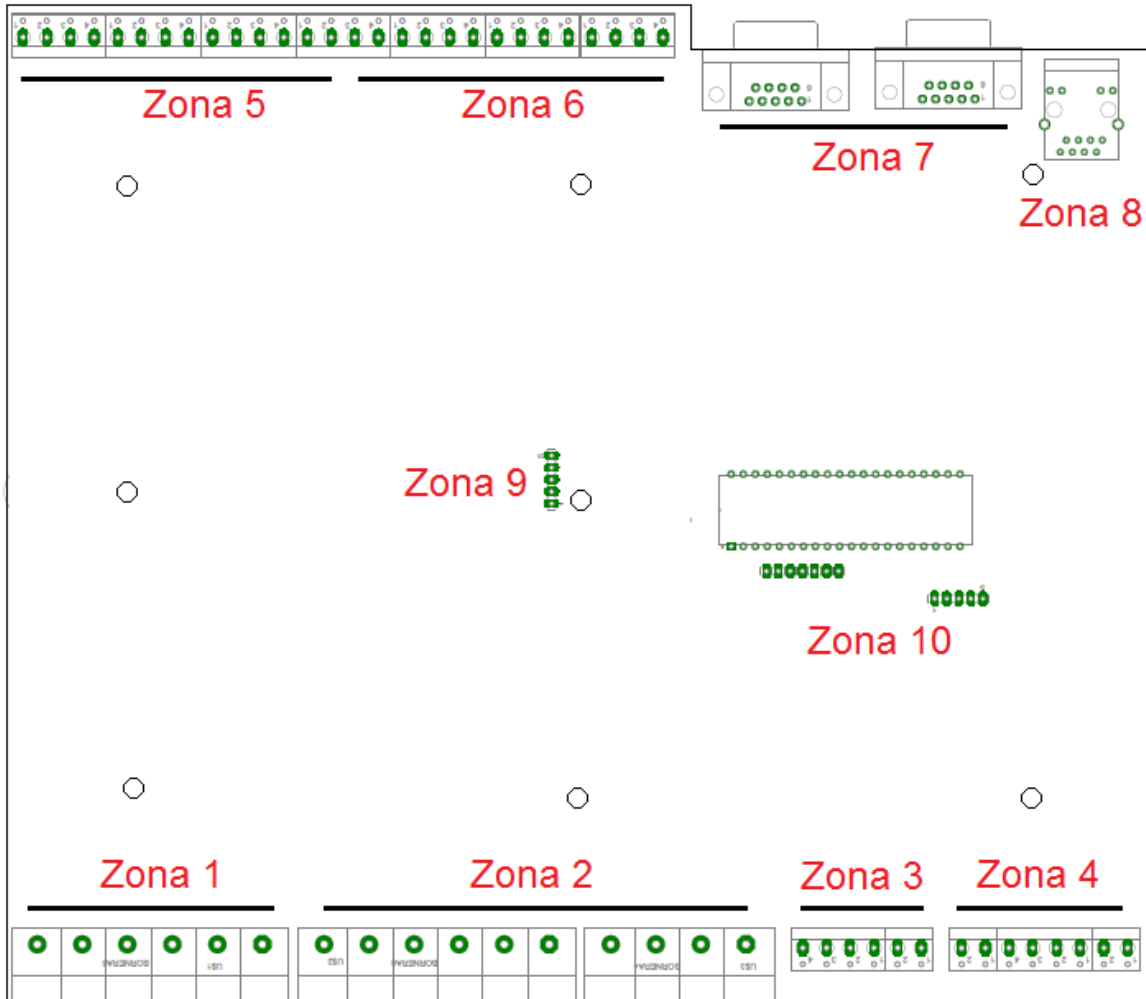
ANEXO 1.- MANUAL DE USO Y CONEXIONES DE LA TARJETA

Descripción de la Tarjeta

La ubicación de los componentes en la tarjeta electrónica diseñada se puede ver en la siguiente gráfica.



A la tarjeta se la ha dividido en varias secciones, dependiendo del tipo de sensor ubicado en ellas. En el siguiente gráfico se ilustra la ubicación de las distintas secciones.

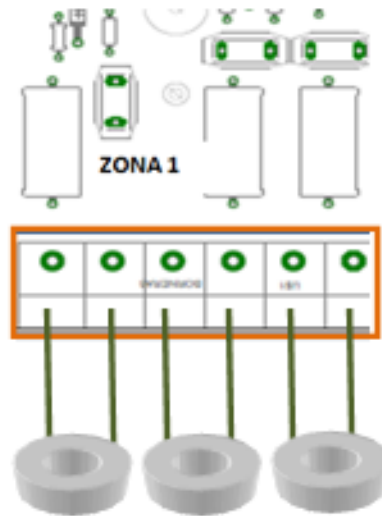


Donde:

- Zona 1: Amperímetros de Corriente Alterna
- Zona 2: Voltímetros en Corriente Continua
- Zona 3: Voltímetros en Corriente Alterna
- Zona 4: Sensores Temperatura, Nivel de Diésel y Alimentación de Tarjeta
- Zona 5: Salidas de Contactos Secos CCO
- Zona 6: Entradas de Contactos Secos CCI
- Zona 7: Puertos Seriales
- Zona 8: Conector RJ45, Ethernet.
- Zona 9: Puerto para programación del Equipo.
- Zona 10: Puertos para ampliación de Sensores

Zona 1: Amperímetros de Corriente Alterna.

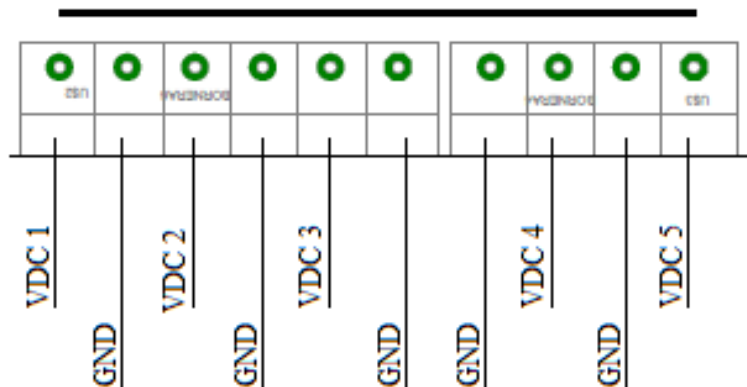
Esta zona es usada para la conexión de los transformadores de corriente, se tienen 3 Amperímetros con una capacidad máxima de 40 Amperios. El Amperímetro uno se encuentra entre los terminales 1 y 2, El Amperímetro dos entre los terminales 3 y 4, y el amperímetro tres entre los terminales 5 y 6.



Zona 2: Voltímetros de Corriente Continua.

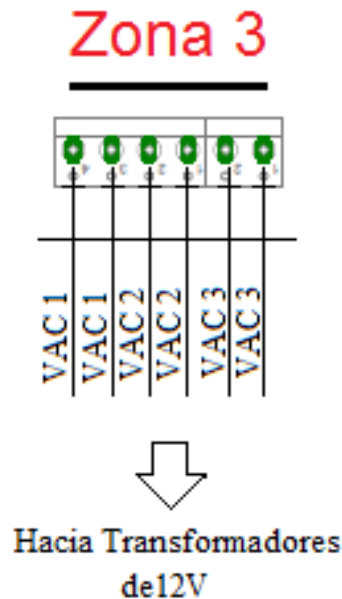
Usada para entradas de Voltaje DC, existen cinco de éstos voltímetros, estos soportan un voltaje máximo de 56 V, el primero está destinado para el voltaje de la batería del generador, los siguientes dos voltímetros para los dos bancos de baterías de los rectificadores. El resto de voltímetros todavía no se encuentran utilizados.

Zona 2



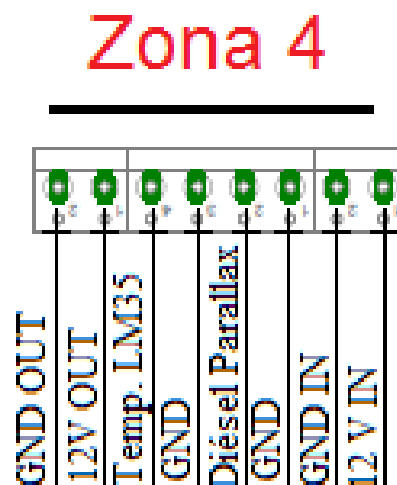
Zona 3: Voltímetros de Corriente Alterna.

La tarjeta cuenta con tres voltímetros de corriente alterna, los cuales miden el voltaje de **Fase** del sistema. Estos voltímetros están diseñados para funcionar a voltajes de 120v, **no se debe conectar de manera directa** los voltímetros, siempre se debe usar un transformador 120/12 V.



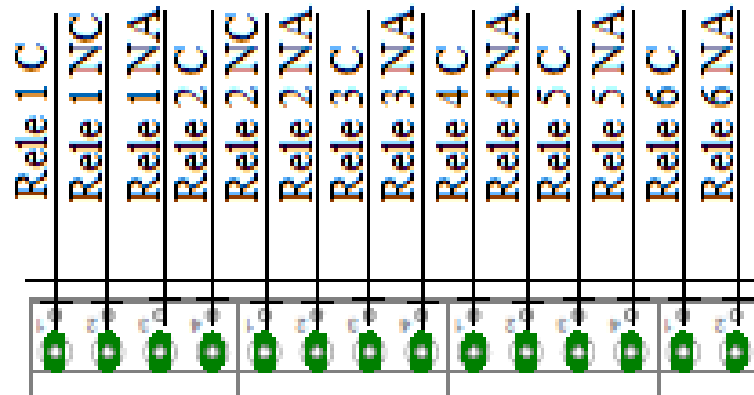
Zona 4: Sensores Temperatura, Nivel de Diésel y Alimentación de Tarjeta.

En esta zona están conectados los sensores de Temperatura LM35, el de diésel Parallax y la alimentación de la tarjeta que debe ser por una fuente de 12 v @500mA, también se dispone de una bornera con 12 voltios para alimentar equipo externo.



Zona 5: Salidas de Contactos Secos CCO.

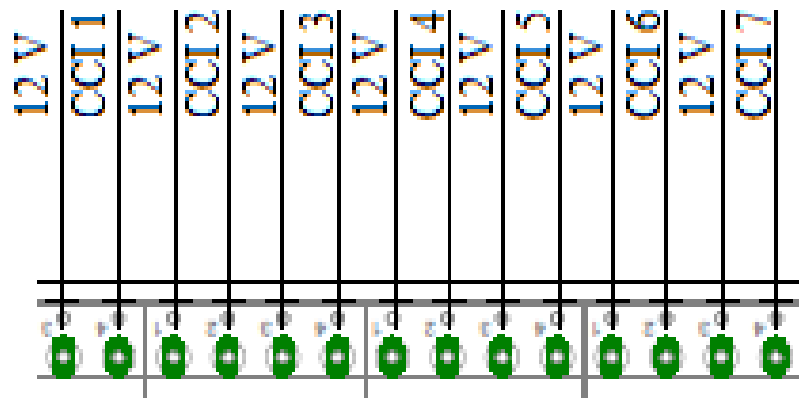
Estas borneras verdes sirven para conexiones de los seis relés existentes en la tarjeta, los cuales pueden ser activados remotamente. Estos contactos no deben soportar corrientes mayores a 500mA. En el diagrama siguiente se pueden observar las conexiones, C = Común, NC = Normalmente Cerrado, NA = Normalmente Abierto.



Zona 5

Zona 6: Entradas de Contactos Secos CCI

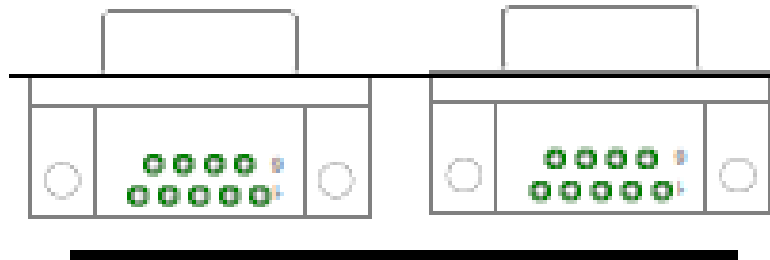
Estas borneras azules sirven para conexiones de las siete entradas de contactos secos de la tarjeta. En el diagrama siguiente se pueden ver las conexiones.



Zona 6

Zona 7: Puertos Seriales

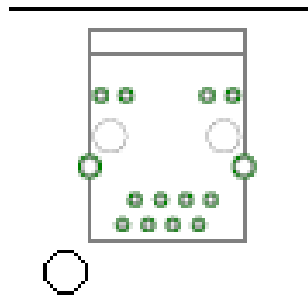
Se tienen aquí dos conectores DB9 macho, los cuáles van hacia las tarjetas de comunicación de los equipos rectificadores, con la finalidad de obtener datos de corrientes, voltajes así como temperaturas. El puerto de la izquierda es el puerto 1 y el de la derecha el 2.



Zona 7

Zona 8: Conector RJ45, Ethernet.

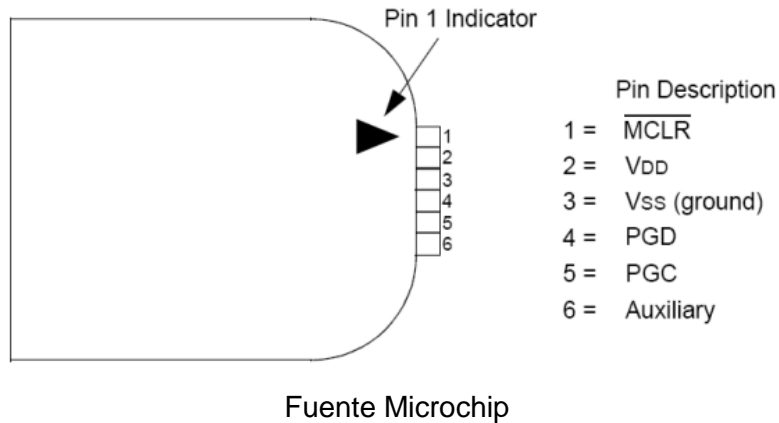
En esta zona se tiene la comunicación en red, es decir aquí se conecta el Jack RJ45 de un cable UTP. El cual debe ir conectado a un puerto de un Switch para que exista la comunicación con la red de ETAPA EP. Este puerto debe estar correctamente direccionado.



Zona 8

Zona 9: Puerto para programación del Equipo.

Esta peineta sirve para conectar el programador del PIC, PICKIT 2. El orden de los pines de abajo hacia arriba es MCLR, VDD, GND, PGD, PGC. A continuación se muestra una gráfica de la distribución de los pines en el programador Pickit2.



Zona 10: Puertos para ampliación de Sensores

Estas peinetas sirven para conectar más sensores a la tarjeta, para su diseño referirse al esquemático de la tarjeta, actualmente no se encuentran implementados.

Cambio de Dirección IP y Parámetros de Red

Para darle una dirección IP a la tarjeta se necesita cargar el nuevo firmware mediante el software MPLAB X y el Programador Pickit 2. En el proyecto se debe modificar la dirección IP la dirección MAC y la máscara de subred. Todo esto en el archivo TCPIP_C18_ENC28.h

